



**COMILLAS**

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

**ICAI**

**GRADO EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN  
SINGULAR DE BATERÍAS EN UNA  
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA EN  
MALLORCA**

Autor: Beltrán Dopico Pérez de Rada

Director: Matías Juan Sánchez Mingarro

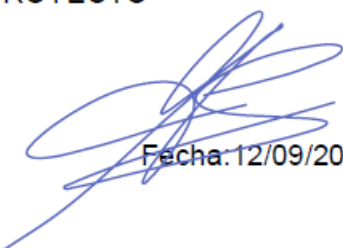
Madrid  
Septiembre 2023

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título  
DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SINGULAR DE BATERÍAS EN UNA  
SUBESTACIÓN DE MALLORCA en la ETS de Ingeniería - ICAI de la  
Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2022/2023 es de mi  
autoría, original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a otros  
efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la  
información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente  
referenciada.

Fdo.: Beltrán Manuel Dopico Pérez de Rada      *Beltrán*  
Fecha: 12 /09/2023

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Matías Juan Sánchez Mingarro        
Fecha: 12/09/2023

## DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SINGULAR DE BATERÍAS EN UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA EN MALLORCA

**Autor: Dopico Pérez de Rada, Beltrán.**

Director: Sánchez Mingarro, Matías Juan.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

## RESUMEN DEL PROYECTO

En este proyecto se llevará a cabo el diseño una instalación singular de baterías de 50 MW en una subestación eléctrica ubicada en la isla de Mallorca. Consiste en instalar una BESS (**B**attery **E**nergy **S**torage **S**ystem), es un sistema de almacenamiento de energía a través de baterías. El proyecto se ejecutará en la subestación de Bessons que posee parques de 220, 132 y 66 kV, situada en la isla de Mallorca en las proximidades de la localidad de Manacor.

Con este proyecto se pretende dar seguridad y estabilidad al sistema eléctrico balear. Desde la publicación de la Ley 17/2007, de 4 de julio, Red Eléctrica es la encargada de gestionar y mantener las redes de transporte insulares y extra peninsulares. Con esta instalación se busca lograr los objetivos de la Planificación 2021-2026 de Red Eléctrica de servicios auxiliares de no frecuencia, con el objetivo de un futuro conectado. Garantizar un suministro electricidad seguro, continuo y de alta calidad para todos. Dar cobertura a la energía perdida en caso de contingencias, para control de tensiones y amortiguamiento de oscilaciones. De esta forma se aumenta la capacidad de transporte del enlace Península-Baleares, ya que cubrimos 50 MW de N-1 con Baterías.

El objetivo principal de este proyecto es la tramitación oficial del mismo por medio de diversos procesos (diseños, presupuestos, cálculos, planos ...) que son requeridos por las administraciones públicas.

Las unidades de almacenamiento de energía que se instalarán son ESSW de la empresa WEG. Además, la aparamenta necesaria para su correcta instalación es la siguiente:

| Aparamenta                                       | Modelo           | Empresa        |
|--------------------------------------------------|------------------|----------------|
| Módulo BESS de almacenamiento por baterías       | ESSW-FP2000-DUAL | WEG            |
| Celdas de media tensión                          | F400             | SCHNEIDER      |
| Celdas de media tensión de acometida             | FLUASARC 36      | SCHNEIDER      |
| Celdas de media tensión de medida F400 Schneider | F400             | SCHNEIDER      |
| Celdas de media tensión de remonte               | SM62EGAM241      | SCHNEIDER      |
| Transformador 66/30 kV 55 MVA                    | 66/30 kV 55 MVA  | ABB            |
| Cable unipolar; Aislamiento PVC                  | H07V-K           | PRYSMIAN GROUP |
| Pararrayos 72 kV                                 | Tipo NI          | INGESCO        |
| Celda de media tensión de conexión de embarrados | F400             | SCHNEIDER      |

En lo referente a la red de tierras de la instalación, se aprovechará la ya existente a la subestación anexa conectándose a ella. Se creará una nueva malla de cobre que rodee a la nueva instalación con sus respectivos puntos de conexión a tierra y picas. Igualmente se instalarán circuitos de puesta a tierra de todos los equipos metálicos, y estos a su vez estarán conectados a la malla principal. La malla de tierras inferiores de la planta según los resultados obtenidos en el apartado de cálculos, adjunto a este documento, tendrá una sección de 36x14 m<sup>2</sup>, y se encontrará a una profundidad de 0,9 metros, sabiendo que la resistividad de este

es de  $200 \Omega \cdot m$ . Estará formada por conductor de cobre desnudo con estructura reticular de una sección de  $120 \text{ mm}^2$ .

En cuanto a la obra civil, se tienen en cuenta los movimientos de tierra y cimentaciones necesarias para la instalación de la aparamenta, los servicios auxiliares de alumbrado y sistemas de drenaje para evitar acumulaciones de agua debido a las condiciones climatológicas.

En lo relativo a la edificación será necesaria la construcción de un edificio en el que se situará la oficina y sala de control. La mayoría de los elementos de la instalación no requieren construcción de edificios para albergarlos dado que muchos de ellos vienen incluidos dentro de su propio compartimento. En toda construcción se deberá respetar la normativa vigente en la ITC-RAT, ITC-BT y en el código técnico de edificación.

En cuanto a los sistemas auxiliares, serán independientes a los ya existentes en la subestación que se serán controlados y coordinados desde el centro de control de la propia BESS. No será necesario ningún tipo de dispositivo o aparamenta auxiliar para lidiar con los problemas de armónicos o corrector de factor de potencia de instalación por encima de 0,95. Dado que se trata de una instalación para dar estabilidad a la red a través de la electrónica de potencia, cuenta con gran capacidad y flexibilidad de esta no es necesaria la aparamenta adicional. Si serán necesario los cuadros generales de los servicios auxiliares de alumbrado y comunicaciones, así como de todos los servicios de emergencia o sistemas del edificio de la oficina.

Todos los sistemas de comunicaciones y control, que recojan la información de todos las BESS, serán llevados mediante cableado de control enterrado al edificio de oficina, que aprovechará las mismas canalizaciones que el circuito de potencia que alimenta los módulos. En el edificio de operario encontraremos el PC de cliente junto con el programa SCADA, previamente ajustado para recibir todas las señales de la planta y coordinar así los módulos.

En lo referente a las protecciones eléctricas de la instalación aguas arriba de la planta, es decir las acometidas del parque de 66 kV de la subestación Es Bessons que quedan fuera del alcance de este proyecto, se encontrará protegida por las protecciones de la subestación origen. Desde los dos transformadores de potencia principales, donde comienza este proyecto, hasta el edificio de media tensión (celdas de media, embarrados, etc.), estará protegido por las celdas de media tensión de acometida. Aguas debajo de la instalación cada uno de los módulos tiene su propia celda de media con su correspondiente protección.

Adicionalmente se instalará sistemas de alumbrado y sistemas antincendios debido a al alto riesgo de inflamabilidad que suponen este tipo de instalaciones.

Al final del proyecto se llevará a cabo un estudio económico, a pesar de que siempre exista un beneficio económico en todo proyecto, se trata de una instalación de interés público. Al final del proyecto todos los costes serán auditados para su posterior retribución. También se presentará un presupuesto final que asciende a 43.711.335,53 €.

# Design of a Unique Battery Installation at an Electrical Substation in Mallorca

In this project, the design of a unique 50 MW battery installation will be carried out at an electrical substation located on the island of Mallorca. It involves installing a BESS (Battery Energy Storage System), which is an energy storage system using batteries. The project will be implemented at the Bessons substation, which has 220, 132, and 66 kV substations, located on the island of Mallorca near the town of Manacor.

The main goal of this project is to officially process it through various processes (designs, budgets, calculations, plans, etc.) that are required by public administrations.

The energy storage units to be installed are ESSWs from the company WEG. In addition, the necessary equipment for their proper installation is as follows:

| Aparamenta                                       | Modelo           | Empresa        |
|--------------------------------------------------|------------------|----------------|
| Módulo BESS de almacenamiento por baterías       | ESSW-FP2000-DUAL | WEG            |
| Celdas de media tensión                          | F400             | SCHNEIDER      |
| Celdas de media tensión de acometida             | FLUASARC 36      | SCHNEIDER      |
| Celdas de media tensión de medida F400 Schneider | F400             | SCHNEIDER      |
| Celdas de media tensión de remonte               | SM62EGAM241      | SCHNEIDER      |
| Transformador 66/30 kV 55 MVA                    | 66/30 kV 55 MVA  | ABB            |
| Cable unipolar; Aislamiento PVC                  | H07V-K           | PRYSMIAN GROUP |
| Pararrayos 72 kV                                 | Tipo NI          | INGESCO        |
| Celda de media tensión de conexión de embarrados | F400             | SCHNEIDER      |

Regarding the grounding system of the installation, the existing one in the adjacent substation will be utilized, connecting to it. A new copper mesh will be created around the new installation with its respective grounding points and ground rods. Grounding circuits for all metallic equipment will also be installed, and these will be connected to the main mesh. The lower grounding mesh of the plant, according to the results obtained in the calculations section, attached to this document, will have a cross-section of 36x14 m2 and will be at a depth of 0.9 meters, with a resistivity of 200  $\Omega \cdot m$ . It will be made of bare copper conductor with a reticular structure with a cross-section of 120 mm2.

Regarding civil engineering, earthworks and foundations necessary for the installation of equipment, auxiliary lighting services, and drainage systems to prevent water accumulation due to weather conditions will be taken into account.

As for the building, it will be necessary to construct a building where the office and control room will be located. Most of the installation elements do not require the construction of buildings to house them, as many of them are included within their own compartments. All construction must comply with current regulations in ITC-RAT, ITC-BT, and the technical building code.

As for the auxiliary systems, they will be independent of those already existing in the substation and will be controlled and coordinated from the control center of the BESS itself. No additional devices or equipment will be necessary to deal with harmonics or power factor correction above 0.95. Since this is an installation designed to provide stability to the grid through power electronics, it has a high capacity and flexibility, so additional equipment is not necessary. However, general panels for auxiliary lighting and communications services, as well as all emergency services or building systems, will be required.

All communication and control systems that collect information from all BESS units will be transmitted via underground control wiring to the office building, which will use the same conduits as the power circuit that supplies the modules. In the operator's building, you will find the client PC along with the SCADA program, previously adjusted to receive all signals from the plant and coordinate the modules.

Regarding the electrical protections of the installation upstream of the plant, i.e., the connections from the 66 kV substation of the Es Bessons substation that are outside the scope of this project, they will be protected by the protections of the source substation. From the two main power transformers, where this project begins, to the medium-voltage building (medium-voltage cells, busbars, etc.), it will be protected by the medium-voltage incoming cells. Below the installation, each module has its own medium-voltage cell with its corresponding protection.

Additionally, lighting and fire protection systems will be installed due to the high flammability risk posed by such installations.

At the end of the project, an economic study will be carried out, even though there is always an economic benefit in every project; this is a project of public interest. At the end of the project, all costs will be audited for subsequent reimbursement. A final budget of € 43,711,335.53 will also be presented.

## ÍNDICE

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>DOCUMENTO Nº1: MEMORIA .....</b>                              | <b>10</b> |
| <b>CAPÍTULO 1: MEMORIA DESCRIPTIVA.....</b>                      | <b>11</b> |
| 1. GENERALIDADES .....                                           | 14        |
| 2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SUBESTACIÓN.....              | 17        |
| 3. SISTEMA ELÉCTRICO .....                                       | 27        |
| 4. RED DE TIERRAS.....                                           | 31        |
| 5. OBRA CIVIL .....                                              | 32        |
| 6. ESTRUCTURAS METÁLICAS .....                                   | 34        |
| 7. SISTEMAS SECUNDARIOS .....                                    | 34        |
| <b>CAPÍTULO 2: CÁLCULOS.....</b>                                 | <b>39</b> |
| 1. OBJETO.....                                                   | 41        |
| 2. RED DE TIERRAS INFERIORES .....                               | 41        |
| 3. RED DE TIERRAS SUPERIORES .....                               | 46        |
| 4. CÁLCULO MECÁNICO DE EMBARRADOS RÍGIDOS .....                  | 47        |
| <b>CAPÍTULO 3: ESTUDIO ECONÓMICO .....</b>                       | <b>52</b> |
| 1. OBJETO.....                                                   | 54        |
| 2. RENTABILIDAD DE LA INSTALACIÓN .....                          | 54        |
| <b>CAPÍTULO 4: ANEJOS .....</b>                                  | <b>56</b> |
| 1. MÓDULOS DE BATERÍAS BESS .....                                | 58        |
| 2. CELDAS DE MEDIA TENSIÓN .....                                 | 72        |
| 3. ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE.....    | 35        |
| <b>DOCUMENTO Nº2: PLANOS.....</b>                                | <b>36</b> |
| <b>CAPÍTULO 1: PLANOS.....</b>                                   | <b>37</b> |
| <b>DOCUMENTO Nº3: PLIEGOS DE CONDICIONES .....</b>               | <b>47</b> |
| <b>CAPÍTULO 1: GENERALES Y ECONÓMICAS .....</b>                  | <b>48</b> |
| 1. OBJETO.....                                                   | 50        |
| 2. NORMATIVA APLICABLE .....                                     | 50        |
| 3. GESTIÓN DE CALIDAD .....                                      | 55        |
| 4. GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL.....                                   | 55        |
| 5. SEGURIDAD EN EL TRABAJO .....                                 | 55        |
| 6. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN .....                               | 56        |
| 7. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....                             | 56        |
| <b>CAPÍTULO 2: TÉCNICAS Y PARTICULARES.....</b>                  | <b>68</b> |
| 1. ÁMBITO DE APLICACIÓN .....                                    | 70        |
| 2. REQUISITOS DE CARÁCTER GENERAL .....                          | 70        |
| 3. REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA LA OBRA CIVIL.....                | 72        |
| 4. REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA EL MONTAJE ELECTROMECAÁNICO ..... | 72        |
| 5. ACONDICIONAMIENTO FINAL DE LA OBRA .....                      | 73        |
| <b>DOCUMENTO Nº4: PRESUPUESTOS.....</b>                          | <b>74</b> |
| <b>CAPÍTULO 1: MEDICIONES.....</b>                               | <b>75</b> |
| <b>CAPÍTULO 2: PRECIOS UNITARIOS.....</b>                        | <b>78</b> |
| <b>CAPÍTULO 3: SUMAS PARCIALES.....</b>                          | <b>82</b> |
| <b>CAPÍTULO 4: PRESUPUESTO GENERAL .....</b>                     | <b>86</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                                         | <b>88</b> |

# ÍNDICE

## **DOCUMENTO N°1: MEMORIA: pág. 10**

- 1.1 Memoria Descriptiva**
- 1.2 Cálculos**
- 1.3 Estudio Económico**
- 1.4 Anejos**

## **DOCUMENTO N°2: PLANOS: pág. 98**

- 2.1 Lista de Planos**
- 2.2 Planos**

## **DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES: pág. 108**

- 3.1 Generales y Económicas**
- 3.2 Técnicas y Particulares**

## **DOCUMENTO N°4: PRESUPUESTO: pág. 133**

- 4.1 Mediciones**
- 4.2 Precios Unitarios**
- 4.3 Sumas Parciales**
- 4.4 Presupuesto General**

# DOCUMENTO N°1: MEMORIA

# **CAPÍTULO 1: MEMORIA DESCRIPTIVA**

## ÍNDICE

### 1. GENERALIDADES: pág. 14

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Alcance
- 1.3 Objeto
- 1.4 Normativa

### 2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SUBESTACIÓN: pág. 17

- 2.1 Emplazamiento
- 2.2 Condiciones Medioambientales
- 2.3 Características Eléctricas Generales de la Subestación
- 2.4 Disposición General de la Instalación
- 2.5 Estado del Arte
- 2.6 Planificación

### 3. SISTEMA ELÉCTRICO PRIMARIO: pág 27

- 3.1 Descripción General
- 3.2 Esquema Unifilar
- 3.3 Aparamenta
- 3.4 Características de la Aparamenta
- 3.5 Embarrados

### 4. RED DE TIERRAS: pág.31

### 5. OBRA CIVIL: pág.32

- 5.1 Descripción General
- 5.2 Cimentaciones

5.3 Drenajes y Saneamientos

5.4 Edificaciones

6. ESTRUCTURAS METÁLICAS: pág.34

7. SISTEMAS SECUNDARIOS: pág.34

7.1 Sistemas de Protección

7.2 Servicios Auxiliares

7.3 Sistemas de Control, Medidas y Telecontrol

7.4 Sistema de Alumbrado y Fuerza

7.5 Sistema de Contra Incendios

7.6 Sistema de Anti-Intrusismo

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 Antecedentes

En los últimos años el sector eléctrico ha experimentado una evolución tecnológica en todos los aspectos, desde del ámbito de la generación, transporte y distribución, hasta el área de comercialización y gestión de activos. A su vez, hemos creado una sociedad más concienciada en la relevancia de las energías renovables, con el objetivo de la descarbonización del sector eléctrico. La combinación de todos estos factores ha favorecido el fuerte desarrollo de los sistemas de generación de energía renovable. Sin embargo, no se ha encontrado una solución óptima para la gestión y almacenamiento de la energía, el cual es uno de los principales problemas de las tecnologías sostenibles.

Las BESS (**B**attery **E**nergy **S**torage **S**ystem) son una solución viable para este problema, se utilizan para almacenar energía y dar suministro, en caso de baja generación, y proporcionar apoyo a las áreas poco interconectadas.

El sistema eléctrico Balear, estaba constituido por dos pequeños subsistemas eléctricamente aislados, hasta que, en 2012, a través del proyecto Rómulo, se logró interconectar la Península con el sistema insular, garantizando la estabilidad y suministro del sistema. El actual enlace no supone la integración total de las islas con la península, dado que tiene una capacidad limitada, y en condiciones normales de funcionamiento no se pueden exportar los excedentes de producción a la península.

A pesar de esta mejora, se siguen dando incidentes en el suministro eléctrico de las islas. En el periodo comprendido entre 2000 y 2010, se produjo un aumento del 38% del consumo eléctrico, este incremento de 1.264.139 de MWh corresponde al consumo anual de 210.690 hogares. En respuesta a estos incrementos, en los últimos 8 años se ha instalado 639 MW de potencia. Para mejorar la eficiencia del sistema, se ha planteado el diseño e instalación de una BESS en una subestación en Mallorca, debido a que posee alrededor del 80% de la demanda balear, para dar seguridad a la red de transporte de energía eléctrica insular.

El principal problema de las islas es la débil interconexión que existe con la península, su poca maniobrabilidad frente a fallos en el suministro eléctrico. Una de las posibles soluciones son el almacenamiento de energía eléctrica. A gran escala (GW) habría que recurrir a la hidroeléctrica reversible, lo que resulta del todo imposible dada su situación orográfica y elementos geográficos como el relieve, ríos, etc., es necesario destacar la solución al problema análogo en las islas canarias, se trata del proyecto de la central hidroeléctrica de bombeo reversible Salto de Chira. A nivel de almacenamiento de redes (MW) destaca el uso de pilas y baterías, condensadores y superconductores, volantes de inercia. La solución más viable y por la que se opta en este proyecto son las baterías. Las principales razones para la elección de esta tecnología de almacenamiento, es su rápida respuesta ante cualquier incidente en la red y que son capaces de almacenar cantidades de energía que pueden llegar a tener impacto en pequeños sistemas eléctricos como el Balear.

### 1.2 Alcance

Para el diseño de la instalación se escogerá tanto la subestación en la que situar la BESS como la parcela donde llevarla a cabo. Se tendrán en cuenta el impacto medio ambiental del proyecto y de acuerdo con unos objetivos de desarrollo sostenible previamente escogidos.

Se escogerá la configuración de la ampliación de la BESS y la conexión de la aparamenta. Se estudiará, a través del contacto de proveedores y empresas fabricantes, los distintos tipos de módulos de baterías y se seleccionará el que mejor encaje en el proyecto. Es necesario especificar que este tipo de tecnología se suele suministrar modularmente, es decir con la mayoría de la aparamenta ya conectada. También será necesaria toda aquella aparamenta no incluida en los módulos previamente descritos, para ello se ha contactado con proveedores y empresas fabricantes (SIEMENS, ABB, WEG, SCHNEIDER, PRYSMIAN GROUP, INGESCO).

También se realizará un apartado de cálculos de red de tierras y planos. Finalmente, se calcularán los costes totales del proyecto presentando un presupuesto final.

### 1.3 Objeto

Uno de los objetivos que explica la necesidad de la instalación es el de dar seguridad y estabilidad al sistema eléctrico balear.

Se quiere establecer una red segura y fiable que pueda garantizar un suministro continuo, sin ningún tipo de interrupciones para los consumidores.

Dada la imposible capacidad de gestión del recurso primario de las tecnologías renovables, y las dificultades de implantación en el sistema balear dado el contexto de las islas. La demanda se ha cubierto mediante sistemas de generación muy contaminantes (o basado en combustibles fósiles). Por lo que el desarrollo de este proyecto supondrá un paso en la descarbonización de las islas Baleares.

Los principales objetivos para tener en cuenta en el Proyecto Técnico Administrativo de una instalación singular de baterías en una subestación eléctrica en Mallorca son:

#### 1. La viabilidad del proyecto.

Es el tema principal del proyecto, se estudiará la posibilidad de implementarlo de acuerdo con todas las exigencias establecidas.

#### 2. BESS en el sistema eléctrico.

Dar a conocer la importancia y la utilidad de las BESS, y como estas se integran en el sistema eléctrico. Investigación de los elementos y aparamenta eléctrica necesaria para su implementación, para ello será necesario ponerse en contacto con las empresas y fabricantes encargados de su construcción.

#### 3. Objetivo Técnico Administrativo.

El objetivo principal, tramitar la instalación y conseguir todos los permisos necesarios para realizar el proyecto.

#### 1.4 Normativa

La instalación se encuentra supeditada a la siguiente normativa vigente:

- Normativa UNE, llevada a cabo por los Comités Técnicos de Normalización (CTN) y aprobada por AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación).
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Estándar IEC 61850, para la automatización de subestaciones primando la seguridad física de personas e instalaciones y la ciberseguridad. Forma parte del Comité Técnico 57 (TC57) de la IEC (International Electrotechnical Commission).
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico; por la que se refuerza el principio de competencia efectiva en el sector eléctrico, fomentando los principios de objetividad, transparencia y no discriminación en el acceso y conexión a la red, definiendo niveles y denegando en base a criterios técnicos específicos.
- Real Decreto 542/2020, de 26 de mayo, por el que se modifican y derogan diferentes disposiciones en materia de calidad y seguridad industrial.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) EA-01 a EA-07.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- La (ITC) BT 01 a BT 52, que recoge toda la normativa vigente relacionada con instalaciones de baja tensión.

- Real Decreto 27/2021, de 19 de enero, por el que se modifican el Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos, y el Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
- IEC-TC 21, proporciona los estándares para todos los tipos de pilas y baterías. Sus características, pruebas de calificación para aplicaciones seleccionadas. Las reglas de seguridad para instalación, operación, mantenimiento y eliminación.
- CTN 203/SC 21, Acumuladores (baterías y elementos secundarios). Conjunto de normas UNE que tratan toda la normativa a nivel nacional relaciona con baterías y acumuladores de energía.

## 2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SUBESTACIÓN

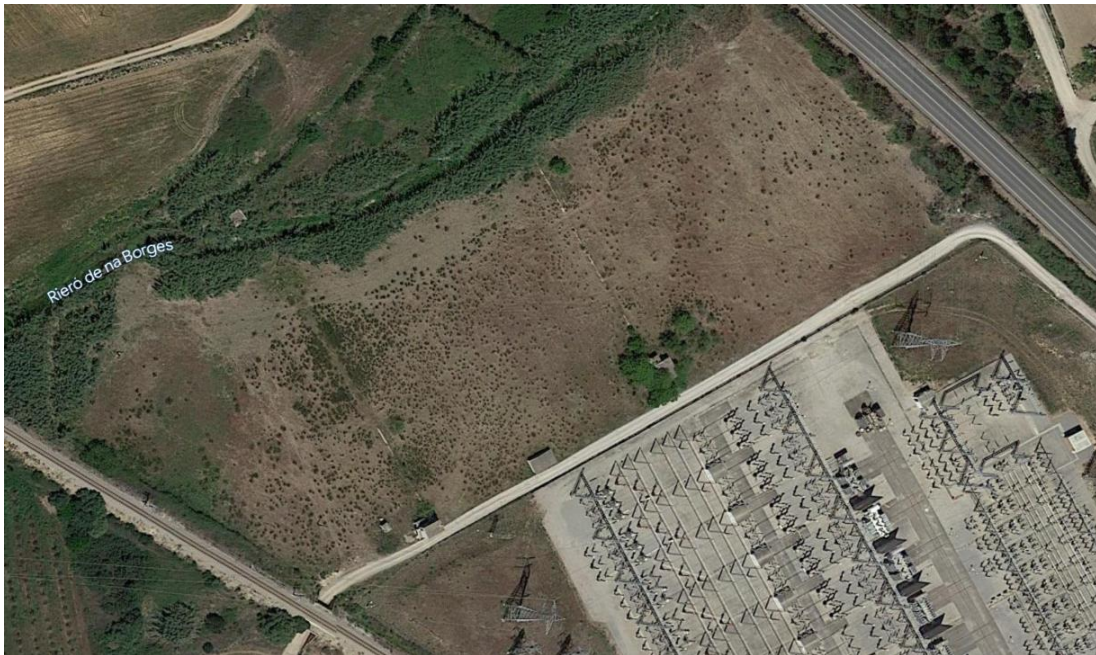
### 2.1 Emplazamiento

La subestación eléctrica elegida es la de Es Bessons, situada en la isla de Mallorca en las proximidades de la localidad de Manacor. Se trata de una subestación grande que consta de 3 parques de tensión (220, 132, 66 kV).

La instalación de la BESS se llevará a cabo en una parcela anexa a la subestación. Se trata de un terreno de 535 m de perímetro y una superficie 10 400 metros cuadrados de superficie.

Coordenadas:

- Longitud: 3° 09' 27" E
- Latitud: 39° 34' 58" N



## 2.2 Condiciones Ambientales

Las condiciones ambientales del emplazamiento son las propias de la isla, que se caracterizan por un clima mediterráneo con temperaturas cálidas, más o menos suaves en invierno y veranos calurosos.

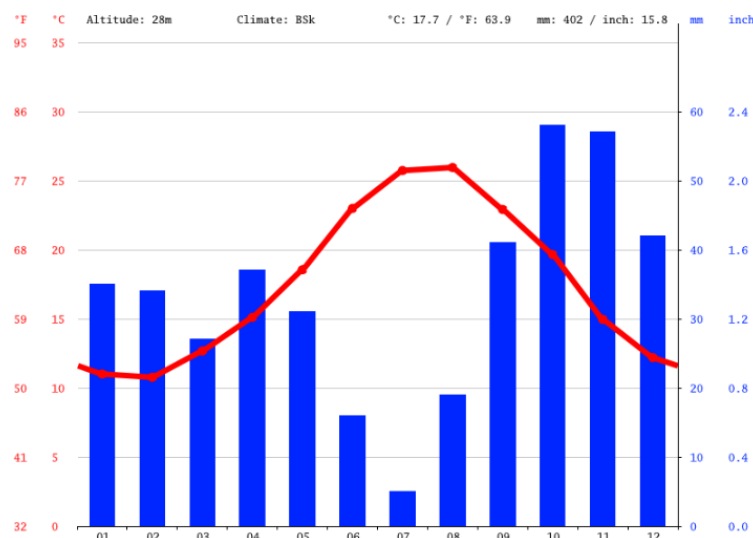
Las temperaturas medias máximas y mínimas comprenden desde los meses más fríos entre 15°C y 7°C, y en los meses más calurosos 30°C y 21°C. Estos datos se encuentran dentro del abanico de temperaturas de funcionamiento de la aparamenta (Máxima de 40°C y mínima de -5°C).

Al tratarse de una instalación eléctrica situada en una isla, la altitud es inferior a los 1000 metros (aproximadamente de 80 m). Por lo que se aplicará la normativa redactada acerca el aislamiento y distancias en el aire entre elementos en tensión y estructuras metálicas puestas a tierra del ITC-RAT 12 del Real Decreto 337/2014.

En cuanto a la radiación solar media supera los 1000 W/m<sup>2</sup> que establece el estándar europeo IEC 721-2-4 y como consecuencia habrá que tener en cuenta los efectos de la radiación. Quiero destacar que gran parte de la aparamenta de la instalación viene dentro de una envolvente por lo que no se verá tan acusada por este efecto.

La humedad relativa media anual de la zona se encuentra entorno al 71%, inferior al máximo permitido de 95%.

### CLIMOGRAMA PALMA DE MALLORCA



### TABLA HISTÓRICOS PALMA DE MALLORCA

|                        | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Temperatura media (°C) | 11    | 10.8    | 12.7  | 15.1  | 18.5 | 23    | 25.7  | 25.9   | 22.9       | 19.6    | 15        | 12.2      |
| Temperatura mín. (°C)  | 8.8   | 8.4     | 9.8   | 12.1  | 15.1 | 19.1  | 21.9  | 22.5   | 20.2       | 17.3    | 13        | 10.2      |
| Temperatura máx. (°C)  | 13.2  | 13.2    | 15.6  | 18.3  | 21.9 | 26.8  | 29.6  | 29.7   | 25.9       | 22.3    | 17        | 14.3      |
| Precipitación (mm)     | 35    | 34      | 27    | 37    | 31   | 16    | 5     | 19     | 41         | 58      | 57        | 42        |
| Humedad(%)             | 77%   | 74%     | 72%   | 71%   | 68%  | 63%   | 62%   | 64%    | 69%        | 74%     | 75%       | 76%       |
| Días lluviosos (días)  | 5     | 5       | 4     | 5     | 3    | 2     | 1     | 2      | 5          | 6       | 6         | 5         |
| Horas de sol (horas)   | 6.6   | 7.3     | 9.0   | 10.1  | 11.6 | 12.5  | 12.3  | 11.2   | 9.3        | 8.1     | 6.9       | 6.5       |

En cuanto a la aceleración sísmica de la zona es inferior a 0.04g y no se tendrá en cuenta las especificaciones sobre acciones sísmicas recogidas en NCSR-02 (Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre).

## 2.3 Características Eléctricas Generales de la Subestación

La subestación consta de tres parques de 220, 132 y 66 kV, la instalación se conectará a través de dos acometidas desde el parque de 66 kV (el alcance de este proyecto no incluye las modificaciones realizadas en la subestación únicamente lo propio de la nueva instalación, es decir, desde el transformador de media tensión aguas debajo de la BESS). La tensión más elevada del material que se debe tener en cuenta para este caso es de 145 kV según ITC-RAT 04.

Se ha elegido la conexión de la instalación a la red de 66 kV debido a que el sistema de generación de Mallorca se encuentra conectado a ese nivel de tensión por lo que es la opción más razonable.

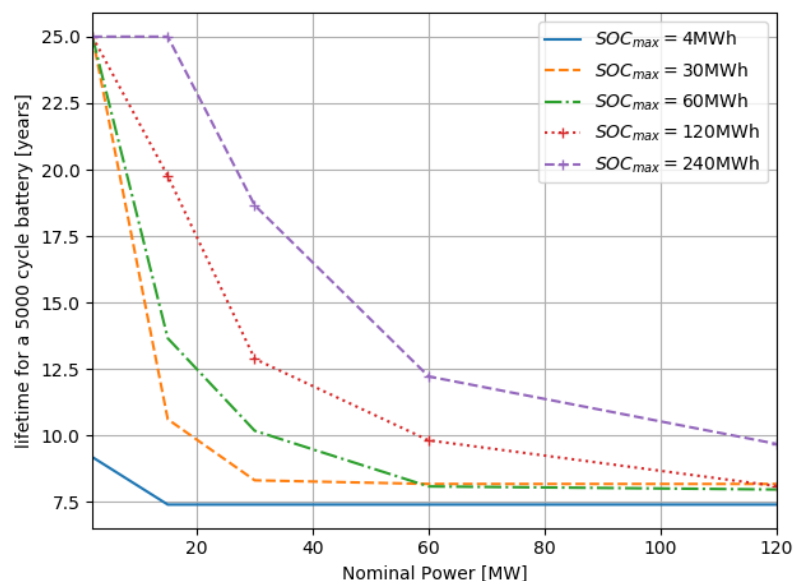
Según lo redactado en la normativa ITC-RAT 12, el nivel de aislamiento de la subestación es del tipo B al encontrarse su tensión más elevada para el material comprendida entre los 52kV y los

300kV. Como consecuencia y siguiendo lo establecido esa misma normativa las tensiones soportadas a frecuencia industrial e impulso tipo rayo son 1050 kV eficaces y 460 kV cresta, respectivamente.

A partir de lo establecido en la norma se conoce, a partir del valor de tensión soportada a impulso tipo rayo 460 kV, las distancias mínimas requeridas en el aire entre elementos en tensión y otros dispositivos, y las estructuras metálicas con una puesta a tierra. La mínima distancia que se debe respetar entre las estructuras metálicas puestas a tierra y los elementos en tensión es de 90 centímetros.

Para maximizar el rendimiento de la instalación y optimizar la vida útil de la planta que se estima entorno a los 20 años. Se han contemplado dos posibilidades. La primera consistía en que cada un periodo de tiempo razonable, estimado a partir del uso, ciclos y desgaste de las baterías, 7 años se debería realizar una renovación de las baterías y reorganización de estas. Esto consiste en agrupar entre ellas, aquellas que tuvieran un mismo nivel de desgaste y se fuera necesario crear nuevos módulos nuevos. Esta opción, aunque a priori puede suponer la más económica, se ha descartado por su alta complejidad a la hora de interconectar vieja y nueva aparamenta, y porque en los próximos años no se puede estimar que rumbo tomarán las tecnologías de las baterías y las incompatibilidades entre nuevas y viejas.

Por ello se ha optado por una segunda opción de sobredimensionar la instalación. Inicialmente supondrá un gran coste adicional, pero facilitará el envejecimiento de la planta, además que, en caso de avería o fallo de algún módulo, la instalación dispondrá de gran flexibilidad para disponer de la potencia perdida. Se ha estimado razonable aumentar la planta en 40%, aun así, se tendrá en cuenta que la planta únicamente trabajará con 50 MW de potencia como se pensó desde un principio, los módulos redundantes se encontrarán sin energizar, y todos los cálculos se realizarán en base a esa potencia. Algunos ejemplos de la potencia de plantas BESS en relación con la vida útil en años:



Por los cálculos realizados y comprobando con los datos recogidos por RE acerca de las intensidades de cortocircuito en las subestaciones baleares, la intensidad de cortocircuito de corta duración es de 10 kA. La configuración elegida para la instalación es de doble barra, para disponer de un n-1 estático en caso de pérdida de una de las acometidas de alimentación por avería o

mantenimiento. Como consecuencia será necesario dimensionar los transformadores de tal manera a que sean capaces energizar toda la planta, en el caso que fuera necesario, con solo uno de ellos.

Para este proyecto se utilizará la tecnología AIS, aquella cuyos elementos se encuentran aislados en el aire. Esto nos permite un ahorro en el coste de la aparamenta que no tendríamos en caso de utilizar un sistema GIS (aislamiento en SF6). Además, no es necesario utilizar el sistema aislado en gas dado que no tenemos problemas espacio para llevar a cabo la BESS y muchos de los elementos ya vienen suministrados de forma modular con su propia envolvente. También hay que considerar su elevado coste que no justifica su implementación, además del fuerte impacto contaminante que tienen.

Dado que se trata de un proyecto que se realizará en España, la frecuencia nominal será la propia de la red eléctrica española, 50 Hz.

|                                                      |                       |
|------------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>Tensión nominal</b>                               | 66 kV                 |
| <b>Tensión más elevada para el material</b>          | 72,5 kV               |
| <b>Intensidad de cortocircuito de corta duración</b> | 10 kA                 |
| <b>Frecuencia</b>                                    | 50 Hz                 |
| <b>Configuración</b>                                 | Doble Barra           |
| <b>Tecnología</b>                                    | AIS                   |
| <b>Tiempo de extinción hasta falta</b>               | 0,5                   |
| <b>Tensión soportada a impulso tipo rayo</b>         | 460 kV (cresta)       |
| <b>Tensión soportada a frecuencia industrial</b>     | 1050 kV<br>(eficaces) |

## 2.4 Disposición General de la Subestación

La instalación se energizará a través de dos acometidas provenientes de la subestación eléctrica de Es Bessons, del parque de 66 kV (que están fuera del alcance del proyecto). Estas dos líneas llegarán a los transformadores principales, de relación 66/ 30 kV que se encontrarán en el exterior en el límite de la instalación, cercanos al edificio que contiene los embarrados principales y las celdas de media tensión de 30 kV. Cada transformador se escogerá de tal forma que en caso de fallo o avería de uno de ellos y gracias a la disposición del embarrado principal de 30 kV (doble barra), sean capaces energizar toda la planta. Estos transformadores estarán protegidos por muros.

Junto a ellos se situará el edificio principal en el que se encontrará los dos embarrados principales y las celdas de media tensión. Para la disposición de embarrados de de 30 kV se optado por una doble barra para disponer de un (n-1) estático, en cada barra se conectará la mitad de las

cargas. A partir de este edificio se llevarán los cables de fuerza unipolares mediante zanjas a sus respectivas cargas.

## 2.5 Estado del Arte

### **FACTS**

Los FACTS (**F**lexible **AC** **T**ransmission **S**ystem) o sistemas flexibles para redes de transmisión de corriente alterna. Son elementos de electrónica de potencia que se utilizan para control dinámico de la red eléctrica. Su funcionalidad está principalmente relacionada con las variaciones de potencia reactiva, el control de las tensiones de los nudos de la red y los flujos de potencia en las líneas.

Estos dispositivos se pueden conectar tanto en paralelo como en serie, o incluso una combinación de ambos.

Dentro de los FACTS en paralelo podemos encontrar aquellos que son utilizados para regular las variaciones de reactiva de la red, y controlar la tensión de los nudos en caso de variar ya sea por cambios en la generación y demanda diarios o por algún incidente imprevisto. Destacan el STATCOM (Static Synchronous Compensator) y el SVC (Static Var Compensator). Las instalaciones BESS son aquellas que se utilizan para regular la potencia activa de las líneas. Ofrecen un amplio abanico de aplicaciones: Regular el factor de carga, satisfacer los picos de la demanda, regular tensión/frecuencia, maximizar el rendimiento de la generación renovable, arranque autógeno (black start), etc. La gran ventaja de las instalaciones BESS en comparación con el STATCOM, es la capacidad de control adicional sobre la potencia activa (gracias al almacenamiento de energía que tiene por detrás de la electrónica de potencia) que posee la BESS frente al STATCOM. En lo referente a las diferencias entre el STATCOM y el SVC, el primero posee menor emisión armónica y un tiempo de respuesta más corto, pero presenta un coste mayor.

También podemos encontrar aquellos FACTS con configuración en serie, los más comunes son SSSC (Static Synchronous Series Compensator) y TCSC (Thyristor Controlled Series Capacitor), estos últimos son los FACTS más utilizados para controlar las variaciones y estabilizar los flujos de potencia.

La gran ventaja de las instalaciones BESS, es su amplia flexibilidad a la hora de solucionar los problemas de la red, debido a que ofrece una amplia gama de aplicaciones. Además, la instalación y el mantenimiento no son complejos dado que en la mayoría de las ocasiones los fabricantes o proveedores ofrecen la aparataje por módulos. Por otro lado, ofrecen una rápida respuesta gracias a sus baterías de ion litio,.

### **BESS**

Son sistemas de almacenamiento de energía conectados a la red de generación eléctrica que se cargan con el suministro de la red o en los casos más óptimos con el excedente de la generación.. Almacena energía a través de baterías recargables para su uso en un futuro próximo. En caso de ser

necesarias la energía electroquímica se descarga de la batería y se vierte de vuelta a la red. Durante la carga se asumen como pérdidas, pero realmente no lo son porque posteriormente serán vertidas de vuelta a la red, las únicas pérdidas reales son las debidas a la ineficiencias de los procesos o rendimientos de equipos, que todas ellas se asumirán como pérdidas para el sistema eléctrico.

Las baterías son sistemas de almacenamiento que se basan en las reacciones redox (reducción-oxidación), funcionan como un suministro independiente que necesita cargarse con anterioridad. Sus configuraciones nos permiten colocar los módulos de las baterías, serie o paralelo, de tal forma que se aumenta la tensión e intensidad que pueden ofrecer.

Dependiendo de las propiedades electroquímicas de las baterías podemos encontrar distintas opciones. Las baterías de níquel-cadmio están compuestas por electrodos de cadmio y níquel, sumergidos en una solución de hidróxido. Poseen amplios rangos de temperatura de trabajo, admiten sobrecargas y ofrecen un gran número de ciclos. Sin embargo, se ven muy perjudicadas por el efecto memoria. Efecto que se produce en las baterías Ni-Cd y Ni-MH en el que el voltaje máximo de la batería tiende a disminuir su carga. Sucede cuando se carga la batería sin haberla descargado del todo, la batería tiene “memoria” de la carga que suele utilizar y no del total que puede almacenar. Presentan un alto volumen y peso para la energía que almacenan.

Las baterías níquel-hidruro metálico (Ni-MH), constituidas por un cátodo de aleación de hidruro metálico y un ánodo de cadmio, presentan mejoras con respecto a las Ni-Cd. Tienen un efecto memoria menor y más capacidad, aunque ofrecen menos ciclos y las temperaturas bajas perjudican gravemente su capacidad.

Las baterías iones de litio (Li-ion), pueden contener distintos metales como litio, cobalto, níquel, manganeso, aluminio, titanio o cobre, y con un ánodo de grafito. Poseen una alta capacidad en relación con su volumen y peso. Una de sus grandes ventajas es que no se ven afectadas por el efecto memoria y como desventaja, no pueden ser descargadas completamente pudiendo esto afectar a su integridad.

Las baterías de plomo-ácido, constituidas por electrodos de plomo sumergidos en un electrolito de ácido sulfúrico, son las más económicas y fáciles de fabricar. Tienen un peso y volumen altos con relación a la energía que almacenan, no soportan ni sobrecargas, ni que sean descargadas completamente. Pueden ser baterías abiertas, dos electrodos de plomo bañados en ácido sulfúrico diluido, los gases producidos durante las reacciones se encuentran libres (se libera hidrógeno, en ciertas situaciones peligro de explosión). También existe la opción de las baterías selladas VRLA (valve-regulated lead-acid), a diferencia de las abiertas, en esta opción el electrodo se encuentra fijo a través de dos variantes. Mediante el uso de una malla de fibra de vidrio, baterías AGM (absorbed glass mat), o bien añadiendo un polvo de sílice para lograr una mayor viscosidad en el electrolito, baterías de gel.

Uno de los aspectos para tener en cuenta a la hora de elegir la tecnología de las baterías es el factor de autodescarga, el tiempo que las baterías pueden almacenarse sin sufrir daños. Aquí destacan las baterías de Li-ion, que a diferencia del resto no se ven afectadas por este factor.

Las baterías de ion litio, presentan una descarga lineal en la durante toda la descarga el voltaje permanece estable, baja tasa de auto descarga, carecen del efecto memoria, tienen poco peso y una elevada densidad energética. Por todas estas ventajas se escoge las baterías de Li-ion frente a las otras tecnologías.

Por lo explicado anteriormente las baterías de ion litio son las utilizadas en este tipo de instalaciones. Las baterías son un componente esencial es la instalación, pero también se compone de otros igual de importantes. Son necesarios transformadores, convertidores bidireccionales que permitan el flujo en ambos sentidos tanto en la carga como en la descarga y sistemas de gestión de energía que se encargan de la parte de control de las baterías. Los componentes mencionados anteriormente son los principales que se encuentran en la mayoría de las BESS. Adicionalmente se pueden incluir elementos como servicios auxiliares, HVAC y control del sistema de incendios (muy importante es estos tipos de instalaciones).

En muchas ocasiones este tipo de aparamenta específica para estos proyectos se suele suministrar de forma modular, es decir, un mismo fabricante te oferta todos los componentes necesarios mencionados anteriormente, y en la mayoría de los casos incluyen una envolvente dado que estas instalaciones se llevan a cabo a la intemperie. Esto facilita en muchas ocasiones el estudio y los cálculos necesarios para cuadrar que todos los elementos se coordinen y funcionen correctamente.

Los principales componentes de los que se compondrá esta instalación son:

#### Las Baterías

Son baterías de litio. Están compuestas por células de baterías de una potencia fija, estas se agrupan en módulos y estos a su vez se conforman los racks (conjunto de módulos). Al conjunto de racks se le denomina banco de baterías y este define la potencia de este conjunto. Dependiendo de la potencia deseado en ese “grupo” se añadirán o eliminarán más o menos racks al banco de baterías.

Las baterías poseen un sistema BMS (Battery Management System) que se encarga del control de los bancos de baterías comunicando la información a los convertidores de corriente de DC/AC y a los PLC denominados como EMS (Energy Management System).

#### Convertidores Bidireccionales

Módulos inversores bidireccionales con automatismos, control y un sistema de control térmico. Diseñados específicamente para la interconexión de DC/AC para el almacenamiento de energía. Ofrecen una potencia de 0.5 a 2 MW y una tensión comprendida entre 320 a 550 V. Estos dispositivos cuentan con propia compensación de reactiva. Los convertidores se diseñan en base a la potencia, voltaje, nivel de corriente y dimensiones.

#### La Envolvente

Diseñadas para proteger y aislar los dispositivos de los agentes externos, se ajustan a las necesidades y dimensiones del cliente. Están preparadas para proteger tanto del polvo y del agua, poseen una amplia variedad de IP (Grado de Protección). Este elemento nos permite eliminar la necesidad de cualquier edificio u obra civil, pudiendo así optimizar el espacio y llevar a cabo este tipo de instalaciones independientemente de las condiciones ambientales. Presentan gran facilidad a la hora de llevar los cables de fuerza a los dispositivos.

#### Transformadores

En cada grupo de baterías se encuentra un transformador que relaciona la tensión a la que trabajan los convertidores. Se trata de transformadores tipo seco encapsulado al vacío. Las potencias de los transformadores son de 20 000 kVA y de un voltaje de 30 kV, también presentan un alto grado de protección IP.

Por otra parte existen los transformadores principales de conexión a la red de transporte, que se encargan de alimentar el embarrado principal de la planta. Son dos transformadores con una potencia mayor que la instalación (55 MVA), y con una relación de transformación de 66 a 30 kV. Se tratan de transformadores situados a la intemperie y aislados uno del otro a través de muros de protección.

### Control del Sistema

EMS (Energy Management System), realiza las funciones que llevaría a cabo un PLC industrial. Se encarga de distribuir la red de comunicaciones, recoger los valores de todas las variables de interés y almacenarlas, y comunicar toda la información que obtiene al SCADA o centro de control. Desde este último se introduce el programa de operación que gestionará toda la instalación, se tiene acceso a toda la información, alertas, cargas y todos los valores en tiempo real.

PCS (Power Converter System), es la interfaz que encarga de conectar las baterías DC con sección de los inversores de AC. A su vez el PCS reporta la información que recoge al EMS.

BMS (Battery Management System), se encarga de controlar los bancos de baterías recargables y enviando toda la información al EMS y PCS.

## MODOS DE FONCIONAMIENTO

En estos tipos de sistemas de almacenamiento de energía hay que destacar dos configuraciones. Grid-following y Grid-forming. Son dos sistemas que definen la forma de interactuar entre la red y la planta.

El control Grid-Forming ajusta la tensión a la que se quiere conectar, da tensión. De cierta forma se comporta como un generador síncrono. El control Grid-Following ajusta la potencia inyectada en la red en base a la tensión de esta.

Durante las perturbaciones en la red, los inversores Grid-Following mantienen la potencia de salida aproximadamente constante. Por el contrario, el control Grid-Forming controla el voltaje y la frecuencia de los inversores comportándose entonces como una fuente de tensión.

El objetivo principal de la BESS es dar estabilidad y seguridad a la red balear, en especial en la isla de Mallorca se ha optado por operar principalmente en el sistema de Grid-forming. Aunque en circunstancias excepcionales y siempre que el operar del sistema lo considere oportuno se podrá conmutar la operación a Grid-Following.

Durante su funcionamiento la BESS tiene programado un modelo de generador/convertidor en el cual a través de la red se procede a la carga de las baterías. Cuando el sistema que coordina la instalación reciba la señal de que la red necesita apoyo, se invertirá el proceso anterior devolviendo la energía almacenada.

Entre sus muchas aplicaciones destacan:

### Inicio Negro

Una BESS da soporte a las centrales eléctricas o islas a la hora de restablecerse rápidamente tras una pérdida de la energía. Esta solución sustituiría la necesidad de usar grupos electrógenos, supondría una alternativa de arranque en negro más barata y ecológica.

### Respaldo de Energía

Parecido al caso anterior, este tipo de instalaciones pueden garantizar un servicio continuo independiente de la red a hogares, empresas o instalaciones. Destacan en infraestructuras como la sanitaria donde evitar estos tipos de pérdidas del suministro es vital.

Es un servicio de carácter público con el objetivo de cubrir las pérdidas de energía debido a incidencias en la red, aumentando la capacidad de la red de transporte balear.

## 2.6 Planificación

La planificación del proyecto es la siguiente:

|                                                        | Fase del Proyecto<br>/ Mes | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
|--------------------------------------------------------|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Ingeniería y primeros cálculos                         |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Licencias y Certificados para comenzar la obra         |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Obra Civil                                             |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Compra y Adquisición de Equipos                        |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Supervisión de esquemas Unifilares, Multifilares, FATs |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Instalación de equipos electromecánicos, cableado      |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Comprobación de Señales y Programación de dispositivos |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Puesta en Marcha                                       |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

## 3. SISTEMA ELÉCTRICO

### 3.1 Descripción General

La instalación se energizará a través de dos acometidas provenientes de la subestación eléctrica de Es Bessons, del parque de 66 kV. Estas dos líneas llegarán a los transformadores principales que se encontrarán en el exterior en el límite de la instalación. Cada transformador se escogerá de tal forma que en caso de fallo o avería de uno de ellos y gracias a la disposición del embarrado de la instalación, sean capaces energizar toda la planta. Se energizarán mediante dos líneas áreas, anteriormente citadas. Estos transformadores estarán protegidos por muros.

Desde los transformadores se llegará al edificio principal. Cada transformador llegará a uno de los extremos del edificio, desde ahí conectarán a unas barras y toda la distribución dentro del edificio se hará a través de estas. Dentro de él se conectarán a sus respectivas celdas de acometida para proteger los transformadores y las líneas de acometidas, a continuación, pasarán por sus celdas de medida y una celda de remonte. Tras la celda de remonte encontraremos las barras principales de la instalación, a partir de las cuales conectaremos las celdas de media tensión. Las dos barras estará conectadas a través de una celda de acoplamiento de barras.

Desde las celdas de media se llevarán los cables de fuerza enterrados a los módulos de la BESS.

### 3.2 Esquema Unifilar

El esquema unifilar de la planta se encuentra en el documento número 2, Planos.

### 3.3 Aparamenta

Los módulos de las baterías que se van a instalar en la BESS son ESSW- BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM del fabricante WEG. El modelo elegido de los convertidores bidireccionales de los módulos son el FP2000 Dual, con una potencia de 1,8 MW. Los bancos de las baterías de serán de ion litio.

Adicionalmente los módulos incluirán un transformador con relación de 30 kV a 550 V, para relacionar la tensión del embarrado principal de la instalación con los convertidores de los módulos BESS. Además, todo estará controlado y gestionado por el sistema el control EMS, se trata de un PLC industrial con un sistema de comunicaciones que controla y monitoriza la operación de carga y descarga de las baterías. Ofrece acceso un puesto local de SCADA + HMI.

La entrada y salida de los convertidores direccionales estará protegida por un sistema de AC Switchboard y DC Switchboard, que viene incluidos en los módulos.

Dos transformadores (n-1) de potencia con relación de transformación de 66/30 kV que alimentarán la instalación a través de dos acometidas provenientes de la subestación adyacente.

Interruptores, seccionadores y transformadores de intensidad necesarios para conectar la aparamenta. Todos ellos recogidos en las celdas de media tensión.

Será necesario sobredimensionar la instalación de cara a optimizar la vida útil de la planta por lo que, si en un principio la planta se supone de unos 50 MW, y se pretende dimensionar un 40 %. La potencia necesaria en total en la instalación tendrá que ser de unos 70 MW, por lo que serán necesarios 40 módulos.

Dado que se trata de una instalación con una alta capacidad de electrónica de potencia, no serán necesarios instalar dispositivos de control de reactiva ni de control de filtros de armónicos.

| Aparamenta                                       | Modelo           | Empresa        |
|--------------------------------------------------|------------------|----------------|
| Módulo BESS de almacenamiento por baterías       | ESSW-FP2000-DUAL | WEG            |
| Celdas de media tensión                          | F400             | SCHNEIDER      |
| Celdas de media tensión de acometida             | FLUASARC 36      | SCHNEIDER      |
| Celdas de media tensión de medida F400 Schneider | F400             | SCHNEIDER      |
| Celdas de media tensión de remonte               | SM62EGAM241      | SCHNEIDER      |
| Transformador 66/30 kV 55 MVA                    | 66/30 kV 55 MVA  | ABB            |
| Cable unipolar; Aislamiento PVC                  | H07V-K           | PRYSMIAN GROUP |
| Pararrayos 72 kV                                 | Tipo NI          | INGESCO        |
| Celda de media tensión de conexión de embarrados | F400             | SCHNEIDER      |

### 3.4 Características de la Aparamenta

- Transformadores de conexión a red (ITC-RAT-07), 66 kV a 30 kV 55 MVA de ABB con las características:
  - YNd11
  - 55MVA
  - Frecuencia: 50 Hz
  - Relación de tensión: 66 kV a 30 kV
  - Refrigeración: ONAN
  - Aislamiento: Aceite
  - Regulador de tomas en carga
- Celdas de media tensión F400 con funcionalidad de interruptor automático de Schneider con características siguiendo las condiciones normales de funcionamiento según IEC 62271-200 e IEC 62271-1:

- Tensión nominal: 36 kV
  - Frecuencia: 50 Hz
  - Tensión nominal de resistencia a frecuencia industrial: 70 kV
  - Tensión de resistencia a impulsos tipo rayo: 170 kV (pico)
  - Intensidad de corta duración admisible: 40 kA (0,5 s)
  - Resistencia al arco interno: 31, 5 kA (0,5 s)
  - Intensidad nominal máx. en barras: 2.500 A
  - Envolverte IP 34
- Celdas de media tensión de acometida aisladas en SF<sub>6</sub> Flusarc 36 Schneider con funcionalidad de interruptor automático con las características, conforme al IEC 62271-100:
- Tensión nominal: 36 kV
  - Frecuencia: 50 Hz
  - Tensión soportada a frecuencia industrial: Aislamiento 70 kV; 80 kV Seccionamiento
  - Tensión soportada a impulso tipo rayo: Aislamiento 170 kV (pico); 195 kV (pico) Seccionamiento
  - Intensidad nominal interruptor: 630 A
  - Corriente pico: 62,5 kA (0,5s)
  - Presión de llenado SF<sub>6</sub>: 130 kPa
  - Ciclo de maniobra: O-0,3 s -CO-3 min-CO
  - Capacidad de corte: 25 kA (rms)
  - Poder de cierre nominal en cortocircuito: 50 ka (pico)
- Celdas de media tensión de medida modelo F400 BM6 con puesta a tierra de Schneider con características:
- Tensión nominal: 36 kV
  - Frecuencia: 50 Hz
  - Tensión nominal de resistencia a frecuencia industrial: 70 kV
  - Tensión de resistencia a impulsos tipo rayo: 170 kV (pico)
  - Intensidad nominal: 630 A
  - Intensidad nominal admisible de corta duración: 31,5 kA (0,5s)
- Celdas de media tensión de remonte modelo F400 CL6, Acoplamiento, seccionamiento de barras y Remonte con las siguientes características:
- Parte extraíble (interruptor automático)
  - Tensión nominal: 36 kV
  - Frecuencia: 50 Hz
  - Tensión nominal de resistencia a frecuencia industrial: 70 kV

- Tensión de resistencia a impulsos tipo rayo: 170 kV (pico)
  - Poder de corte: 40 kA
  - Intensidad de resistencia nominal a corto plazo: 40 kA
- Cable unipolar PRYSMIAN GROUP H07V-K con características según IEC 60502-2:
- Tensión 30 kV
  - Aluminio
  - Aislamiento de XLPE, libre de halógenos, UNE-EN60754 i IEC 60754
  - Temperatura máxima de conductor: 90°C
  - Radio de curvatura: Diámetro exterior x15
  - Temperatura máxima de corto circuito 250°C 5 s
  - Certificado AENOR
  - Resistencia a los rayos ultravioletas: UNE 211605
- Pararrayos 72 kV Tipo NI, chaqueta exterior de DGG con características según ISO 9001, CCC:
- N°. de Modelo: YH 1.5W
  - Material: ZnO
  - Capacidad de producción: 100000 PCS/Año
  - Forma Espiral
  - Velocidad máxima del viento: 35 m/s
- Módulos de Baterías BESS ESSW de WEG con características:
- Modelo de los convertidores Bidireccionales FP2000 DUAL  
Tensión AC: 550 V  
Potencia de 1800 kW  
Tensión DC: 980 V  
Máxima tensión DC de entrada: 1150 V  
Mínima tensión DC de entrada: 825 V  
Máxima corriente de carga: 2500 A  
Máxima corriente de descarga: 2500 A  
Comunicaciones Modbus
  - Máximo número de celda por módulo: 20
  - Habrá 9 bancos de baterías por cada contenedor, compuestas por rack de módulos
  - Celdas de 896 Wh
  - Máxima capacidad del módulo 17,92 kWh
  - Relación de transformación del transformador modular: 30 kV / 550 V 2 MVA
  - Mínima potencia de los bancos de baterías: 215 kWh
  - Envolverte estanca: IP 55

- Sistemas de control y gestión de baterías: EMS, PCS y BMS + Batteries
- Protecciones AC/DC: AC/DC Switchboard
- Sistema de ventilación HVAC

### 3.5 Embarrados

Los módulos de la BESS se conectarán directamente al embarrado principal alimentado por las dos acometidas provenientes de la subestación a través de los dos transformadores de potencia principales.

Los embarrados son los incluidos en la aparamenta de las celdas de media tensión por lo que sus especificaciones técnicas y características son las propias a esos equipos.

## 4. RED DE TIERRAS

Para el estudio y diseño de la red de tierras se tendrá en cuenta la ITC-RAT 13, que establece que la instalación contará con un sistema de puesta a tierra y protección. Garantizando que cualquier persona, quede protegida frente a las tensiones de contacto y de paso en cualquier lugar accesible.

Se establecerá una red de tierras inferiores con la finalidad de establecer un referente de potencial, para poder así evitar cualquier diferencia de potencial entre puntos de la instalación y su consecuente circulación de intensidades.

Las estructuras metálicas de la instalación deben estar puestas a tierra, para que, en caso de contacto eléctrico, averías o sobretensiones atmosféricas evitar un posible riesgo eléctrico en caso de que el personal entre en contacto con ella.

Los contactos con las estructuras anteriormente mencionadas serán uniones fijas, a través de grapas, tornillos o en algún caso se recurrirá a la soldadura aluminotérmica, garantizando la protección ante cualquier debilitamiento o pérdida de conductividad debido a la corrosión.

Se aprovechará la malla de tierras inferiores ya existente en la subestación de Es Bessons. Una malla formada por conductores de cobre y estructura de retícula. Se conectará la red de tierras de la BESS a la anteriormente mencionada.

La red de tierras de la BESS estará dispuesta por una malla reticulada enterrada formada por cobre. Con esta estructura se pretende buscar la mayor sencillez para su conexionado con la de la subestación ya existente sin olvidar que el objetivo principal es el de garantizar la seguridad de la BESS y su personal.

Los cálculos llevados a cabo para el diseño de la malla de tierras están en el capítulo 2: Cálculos, en el documento nº 1: Memoria.

El terreno en el que se va a ubicar la instalación se caracteriza por presentar una composición arcillosa lo que tiene una resistividad de aproximadamente  $200 \Omega \cdot m$ , con este valor es el que se empleará la hora de llevar a cabo los cálculos. Para obtener esta información se ha recurrido a la instrucción técnica complementaria del reglamento de alta tensión (ITC-RAT 13).

La malla tendrá un área de  $36 \times 14 \text{ mm}^2$  y la profundidad será de 1 m. Y los conductores que compondrán esa malla poseerán una sección de  $120 \text{ mm}^2$ . Esta malla se conectará a través de un cable de cobre de 50mm de diámetro con la red de tierras principal de la subestación. El número de picas instalado vendrá dado por la resistividad del terreno y la profundidad de las picas. Se instalarán 4 picas distribuidas alrededor de la malla inferior de tierras.

## 5. OBRA CIVIL

### 5.1 Descripción General

Puesto que la instalación se realizará en un terreno próximo pero independiente al de la subestación ya existente, será necesario la construcción de una valla de altura mínima de 2,20 metros como indica el reglamento ITC-RAT 15. Se incluirán advertencias y señalizaciones de peligro de alta tensión y riesgo eléctrico. Serán diseñados y contruados de tal forma, que minimice la posibilidad de que sean sobrepasados.

Las puertas y puntos de acceso también están supeditados a la instrucción técnica complementaria ITC-RAT 14. Se dispondrán puertas abatibles que se abren hacia el exterior de la instalación, y habrá distintos puntos de acceso para los equipos y personal.

Serán necesarias la excavación de zanjas por las que se conectarán los módulos de la BESS con las dos barras del embarrado principal de la instalación. Los cables de fuerza y comunicaciones irán enterrados desde el edificio en el que se encuentran los transformadores de potencia principales y las dos barras de la instalación, hasta los módulos de las baterías cuya conexión se hace bajo tierra.

Se tendrá en cuenta la especificación técnica de Canalizaciones subterráneas de Baja y Media Tensión ET/5012. Se dispondrán los cables de fuerza protegidos por tubo corrugado a una cota mayor se situarán los cables de comunicaciones, se utilizará material de relleno. Se rellenarán con zahorra o material similar en tongadas de 15 cm, compactadas hasta una densidad del 95%. Tras la capa de zahorra será necesario la disposición de cinta de señalización, y posterior recubrimiento de hormigón y baldosas.

### 5.2 Cimentaciones

Serán necesaria la cimentación del nuevo edificio al que llegan las dos acometidas desde los transformadores principales. Al tratarse de un edificio pequeño se optarán por cimentaciones

superficiales o directas. En este caso se emplearán losas de hormigón que abarcarán toda la superficie del edificio y soportarán su carga. Este tipo de cimentación se caracteriza por su bajo coste y tiempo de montaje.

Se construirá la cimentación propia de los contenedores sobre la que se dispondrán todos los conjuntos modulares, pensando siempre en la posterior conexión de los cables de fuerza a los módulos. Se trata de una cimentación a modo de pilares, tres puntos de apoyo en cada lateral de los módulos. Con esto se permitirá elevar los contenedores unos 60 cm del suelo lo que permitirá conectar los cables enterrados con los módulos a través de la arqueta. Estas arquetas tendrán una dimensión de 50 cm de lado y una profundidad de 60 cm e irán reforzadas de hormigón.

También será necesaria la cimentación de la oficina de la instalación en el que se encontrará el operario, en caso de que fuera necesario gestión o mantenimiento, el PC del cliente con todas las señales e información sobre el funcionamiento de la BESS.

Se levantarán unos muros alrededor de los transformadores, para protegerlos unos de otros en caso de fallo o avería de alguno de ellos. También para reducir el impacto de ruidos y medioambiental.

### 5.3 Drenajes y Saneamientos

Será necesario un sistema de drenaje para evitar incidentes e inundaciones que pudieran afectar a la aparamenta o a los cables enterrados de la instalación. Se utilizarán tubos drenantes que cumplirán con la información técnica recogida en el documento ITC-RAT 05. Con esto se evitará, en caso de intensas lluvias, la acumulación de agua que pudiera deteriorar algún componente.

Las canalizaciones del sistema de drenaje conducirán el agua hasta un pozo de evacuación, y de este desembocarán al exterior. Los tubos y el sistema de drenaje se encuentran lo suficientemente aislados como que para que, en caso de avería, los equipos energizados no se vean afectados.

La superficie de la subestación estará diseñada de acuerdo con un plan de evacuación en caso de lluvias para facilitar las canalizaciones de estas. Las arquetas eléctricas contarán con su propio sistema de drenaje que conectará con las canalizaciones que conectan al pozo de evacuación.

El sistema de gestión agua residual propia del sistema de saneamiento estará compuesto por primera etapa filtrante y más tarde conectará con las canalizaciones correspondientes al trato de aguas residuales.

Las canalizaciones de aguas residuales y aguas de drenaje maniobran de forma independiente.

### 5.4 Edificaciones

Se realizará un edificio al que llegarán las acometidas provenientes de los dos transformadores principales exteriores y previamente de la subestación adyacente, y que contendrá

los embarrados principales y celdas de media de la instalación. Las dimensiones del edificio serán. Esta edificación estará sujeta tanto normativa del Código técnico de edificación como a las especificaciones recogidas en la ITC-RAT 14, sobre instalaciones eléctricas en espacios interiores.

También se llevará a cabo la construcción de un edificio de control con dos puestos de trabajo para operadores. En un principio la instalación está diseñada para estar telegestionada y telecontrolada.. En él se incluirán un puesto de trabajo, aseo y todos los elementos necesarios para la funcionalidad del edificio (Pc cliente, escritorios, sillas, etc.).

Se tendrá en cuenta en todo momento que en ambos edificios que los puntos de acceso sean cómodos.

Los planos en planta de ambos edificios están adjuntados en el Documento nº2 Planos, el edificio de transformación y embarrados en el plano nº 5, y el edificio del puesto de trabajo en el plano nº 4.

## 6. ESTRUCTURAS METÁLICAS

Los módulos de la BESS vienen con su propia envolvente metálica incluida que protege el conjunto modular de las condiciones ambientales. En el interior del container podemos encontrar que el resto de los equipos también ofrecen sus propios armarios y envolventes. Como es el caso de los convertidores bidireccionales que presentan un nivel protección de IP54.

Los transformadores modulares, que relacionan la tensión del embarrado principal con la tensión del lado de alterna de los convertidores, vienen provistos de su propia estructura metálica y sistema de refrigeración.

Para el resto de las estructuras metálicas necesarias en la instalación como los soportes de los transformadores principales exteriores se seleccionará el diseño en base a sus necesidades, teniendo siempre en cuenta los posibles riesgos de corrosión y derivación de corrientes.

## 7. SISTEMAS SECUNDARIOS

### 7.1 Sistemas de Protección

Para definir los sistemas protección se tendrá en cuenta el reglamento establecido en la instrucción técnica complementaria ITC-RAT 09.

Unas de las principales características de los sistemas de protección son, la seguridad (la actuación del sistema cuando no debía actuar), la obediencia (el sistema actúa cuando debe), y la fiabilidad (la relación que debe existir entre las dos anteriores propiedades). Se tendrá en cuenta las características anteriores a la hora de diseñar la protección eléctrica de la instalación.

Las protecciones eléctricas deben ofrecer una rápida respuesta frente a cualquier incidente pudiendo así, garantizar la seguridad e integridad, tanto de los equipos como del personal de la

planta. En caso de darse la falta, debe ser capaz de, a través de los sistemas de comunicación, identificar si alguno de los equipos se ha visto dañado, y si es necesario cuál de ellos.

Para la protección de las acometidas y líneas eléctricas se contará con las celdas de acometida de media tensión de Schneider para proteger los transformadores principales y aguas abajo hasta el embarrado. Aguas arriba de la línea de transporte, se encontrará protegida por las protecciones correspondientes de la subestación. Las celdas de media tensión estarán provistas de un interruptor automático y seccionar de SF<sub>6</sub>.

En las barras de 30 kV existirá un interruptor automático en celdas de media tensión por cada una de las posiciones que ofrece una protección diferencial, térmica y sobre intensidad en barras y defecto en fallas diferencial de las posiciones de baja.

Según el código Técnico de la Edificación, será necesario la instalación de pararrayos debido al alto grado de inflamabilidad de los módulos de baterías.

## 7.2 Servicios Auxiliares

Los servicios auxiliares de la instalación están diferenciados en dos grupos, el sistema a corriente alterna a 400/230 a 50 Hz. El otro sistema es uno de corriente continua, dos circuitos independientes de 48 y 125 Vcc.

Los circuitos auxiliares se utilizarán para alimentar los equipos auxiliares de la planta. Dar suministro y servicio al edificio de la oficina, alimentación a las luminarias, y energizar todos los servicios auxiliares de la instalación, como pueden ser comunicaciones, puesto de control, etc.

Los módulos de la BESS vienen integrados con sus propios circuitos auxiliares y comunicaciones, que serán alimentados desde su propio transformador. Para los servicios que van alimentados desde el circuito de alterna auxiliar, será necesario un transformador auxiliar independiente del circuito principal de la instalación. El transformador tendrá una relación de 66 kV, trifásico, con baño en aceite y refrigeración natural.

- Frecuencia: 50 Hz
- Grupo de conexión: Dyn11
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial: 140 kV
- Tensión primaria/secundaria: 66 kV/420 V
- Tensión de ensayo a impulso tipo rayo: 325 kV

Desde el transformador se conectará al cuadro de servicios auxiliares.

Para el caso de los rectificadores sean elegido el modelo ZGR TPS 120, de los proveedores ZIGOR. Son dispositivos diseñados para la gestión de carga, protecciones, etc.

### 7.3 Sistema de Control, Medidas y Telecontrol

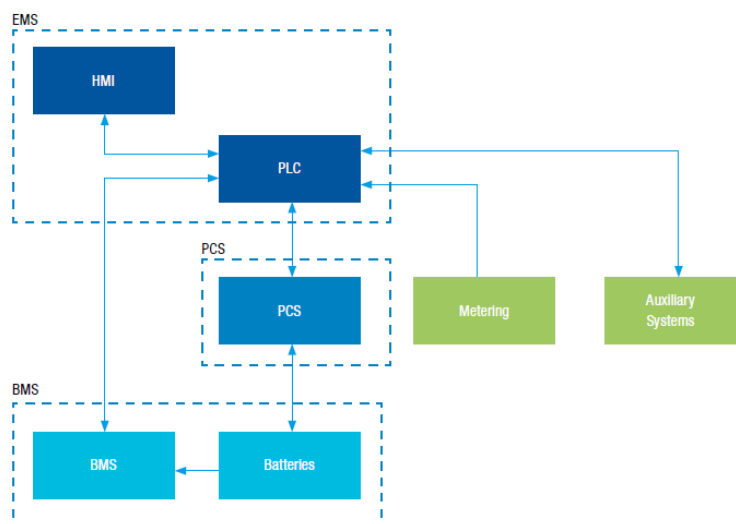
A la hora de diseñar e instalar los sistemas de control, se tendrá en cuenta la normativa IEC 61850, que recoge los estándares para la automatización de subestaciones.

WEG que es el proveedor de los sistemas modulares de las baterías ya incluye en su producto un sistema de control y comunicación interno. Cuenta con el sistema EMS (Energy Management System), se trata de un sistema equivalente al PLC industrial, que se encarga del control del sistema de distribución, control de variables de almacenamiento interesantes. Monitoriza las variables eléctricas y las alarmas de todos sistemas que componen el producto modular.

Con toda esta información el sistema tiene acceso a la plataforma SCADA + HMI, a la cual se le envía toda la información recogida en cada estación BESS a través de cables de comunicación, al puesto del operario.

Dentro del sistema EMS, existe otro sistema de control ligado a él. PCS (Power Converter System), es una interfaz que se encarga administrar el enlace entre las baterías de continua y el inversor de alterna. Cuenta con un sistema de alarmas y control que informa al EMS.

Por último, encontramos el sistema BMS. Se encarga de gestionar los bancos de baterías recargables, procurando que el sistema opera fuera de su rango de operación segura. Da señales de su estado, alarma y funcionamiento que recogen los sistemas EMS y PCS.



El puesto de operario cuenta con un sistema de comunicación vía fibra óptica, respalda por un sistema de generación de baterías independiente de los sistemas auxiliares con el objetivo de no perder la comunicación con la instalación en ningún momento. Adicionalmente existe una red de telefonía que permiten comunicaciones de voz, la cual se ha aprovechado de la ya existente de la subestación adyacente.

Para el control, protección y supervisión del sistema eléctrico se ha recurrido al equipo REC670 de HITACHI.

Toda esta información queda recogida en el SCADA de la planta, que se puede analizar y gestionar desde el Pc de cliente. Desde este programa se puede observar cualquier alarma o incidente que se de en la instalación, recoge información sobre el funcionamiento de los módulos y su carga. Y permite comprobar el estado de los equipos sin necesidad a pie de ellos.

## 7.4 Sistema de Alumbrado y Fuerza

El circuito de alumbrado y las luminarias de la instalación están alimentadas a través del cuadro de sistemas auxiliares de corriente alterna. Cabe diferenciar el alumbrado exterior, las luminarias que alumbran los viales de paso de a los módulos, de la iluminación interior de los edificios (edificio de embarrados principales y oficina de planta). Mención aparte de los sistemas de alumbrado de emergencia, que estarán energizados por los equipos de respaldo de continua en caso de pérdida del suministro.

En cuanto al alumbrado exterior se deberá tener en cuenta el Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre. Se aprueba del Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07. Siguiendo la normativa de alumbrado exterior las luminarias serán instaladas a menos de tres metros de altura del suelo siendo estas de potencia de 150 W. El objetivo es obtener un nivel de iluminación de 50 lux

1.1 La eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación entre la potencia activa total instalada.

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left( \frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$$

siendo:

- $\epsilon$  = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ( $\text{m}^2 \cdot \text{lux/W}$ )
- $P$  = potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W);
- $S$  = superficie iluminada ( $\text{m}^2$ );
- $E_m$  = iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux);

La eficiencia energética mínima de esta planta según la ITC-EA 01 es:  $10 * \frac{\text{lux} \cdot \text{m}^2}{\text{W}}$

Es necesario distinguir iluminación del interior de dos edificios, puesto que será diferente para cada uno de ellos. El primero de ellos el edificio de embarrados principales que dispondrá de una iluminación de 500 lux Y el segundo, la iluminación de la oficina de la planta que tendrá una iluminación de 250 lux.

En relación con lo comentado anteriormente debe existir un alumbrado de emergencia independiente del alumbrado principal y energizado por los equipos de alimentación auxiliares de emergencia en caso de pérdida del servicio. Esta iluminación estará presente en los puntos de acceso y salida, vías de evacuación. El sistema de alimentación debe ser capaz de mantener el alumbrado durante un periodo de una hora. Este alumbrado se encenderá automáticamente tras detectar el fallo de sistema de alumbrado principal.

### 7.5 Sistema Contra Incendios

La instrucción ITC-RAT 14, es la que hay que tener en cuenta a la hora de estudiar el sistema contra incendios. La normativa exige que como mínimo debe existir un extintor móvil de eficacia 89B, a 15 metros como máximo de la instalación. Con el objetivo de priorizar la seguridad en la planta se contarán con dos extintores móvil 89B dispuestos en medio de la instalación uno a cada lado de la planta.

Según el Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, en el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. Se deberá disponer de detectores de incendio en ambos edificios. Se escogerán detectores de humo tipo ópticos.

Con el fin de velar por la máxima seguridad de la instalación y su personal se ha decidido implementar el sistema AVIOTEC, Bosch Security. Es un sistema que combina la protección anti-intrusismo (de la que se tratará a continuación) con un sistema contraincendios que es capaz de predecir el comportamiento del fuego, para disminuir el tiempo de reacción y reducir los posibles daños en los equipos.

Los módulos de la BESS son instalaciones con alto riesgo de inflamabilidad debido a los componentes de las baterías, y dado que la toda la aparamenta modular se encuentra en la misma envolvente los daños debidos a un incendio pueden llegar a ser muy graves. Por ello es necesario prestar especial atención a estos riesgos y llevar a cabo todas medidas de prevención posibles. Se ha decidido establecer una distancia de seguridad entre las envolventes para que en caso de incendio de una el resto no se vea afectada, también se realizarán las envolventes completamente estancas para evitar cualquier tipo propagación.

En cada módulo se incluirá un sistema contra incendios individual, que vendrá incorporado con un sistema de alarma luminosa y sonora exterior, a su vez estos sistemas de alarmas estarán conectados al sistema de alarmas principal de la instalación.

### 7.6 Sistema Anti-Intrusismo

Es un sistema diseñado para proteger la instalación y sus equipos de personal externo a la planta. Por ello se creará un sistema acreditación exclusivo para el personal, el cual será imprescindible para acceder.

Alrededor del terreno se incluirán señales de advertencia y peligro de riesgo eléctrico. También indicaciones de que es una zona restringida, reservada únicamente para el personal autorizado. Existirá una valla exterior que rodeará todo el recinto para delimitar la instalación y evitar cualquier allanamiento u intrusión. A su vez se contará con cámaras de seguridad situadas en los puntos de acceso y dentro de la instalación tanto en exterior como interior. Algunos de estos elementos de la seguridad son parte del sistema mencionado anteriormente AVIOTEC. Se dispondrán de detectores de movimiento para las zonas en las que está restringido el acceso y se implantará una alarma exterior (sirena).

Se aprovechará el puesto de operario para instalar un equipo responsable de recibir toda la información acerca de la seguridad de la planta. Este equipo estará programado para analizar toda la información que reciba y será el encargado de notificar y dar señal de alarma en caso de incidencia.

## **CAPÍTULO 2: CÁLCULOS**

## ÍNDICE

1. OBJETO: pág. 41
2. RED DE TIERRAS INFERIORES: pág. 41
  - 2.1 Criterios de cálculo
  - 2.2 Conclusiones
3. RED DE TIERRAS SUPERIORES: pág. 46
4. CÁLCULO MECÁNICO DE EMBARRADOS RÍGIDOS: pág. 47
  - 4.1 Hipótesis de diseño
  - 4.2 Condiciones de la instalación
  - 4.3 Normativa aplicable
  - 4.4 Características de los materiales/equipos a instalar
  - 4.5 Cálculo mecánico del embarrado Principal

## 1. OBJETO

En este capítulo se realizarán los cálculos necesarios para llevar a cabo la nueva planta de BESS. Esta sección se divide en subapartados de redes de tierras tanto inferiores como superiores y cálculos de los embarrados.

También en cada sección se incluirá normativa aplicable, condiciones de aprobación, cálculos e hipótesis de diseño.

## 2. RED DE TIERRAS INFERIORES

Para el cálculo de las redes de tierra se tendrán en cuenta lo recogido en la ITC-RAT 13 acerca de los valores máximos de tensiones de contacto y paso acorde de lo establecido en el Reglamento de Centros de Transformación y la normativa IEEE-80-2000 (IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding).

Se pretende aprovechar la red de tierras ya existente en la subestación de Es Bessons 66kV, por lo que se conectará la nueva malla de la instalación a través de cable de cobre 50 mm de diámetro a la red de tierras adyacente. Para el cálculo de la malla se tomará la retícula de red de tierras de la de la subestación.

### 2.1 Criterios de cálculo

#### **Valor resistividad del terreno**

Se ha estudiado el terreno y su composición, según la ITC-RAT 13 y las características del terreno, se ha determinado que el terreno posee una resistividad un valor de  $200 \Omega \cdot m$ .

#### **Tensiones de paso y contacto máximas admisibles**

- Resistividad de capa superficial, grava:  $\rho_s = 3000 \Omega \cdot m$
- Tiempo de despeje de la falta:  $t = 0,5 s$ .
- Intensidad de falla a tierra:  $I = 10 KA$

Siguiendo lo recogido en la ITC-RAT 13, obtenemos que se ha establecido  $K = 72$ ;  $n = 1$  para  $t \leq 0,9$ . Las tensiones máximas de contacto y paso:

$$\text{Tensión de contacto: } V_p = \frac{K}{t^n} * \left( 1 + \frac{1,5 * \rho_s}{1000} \right) = 792 V$$

$$\text{Tensión de paso: } V_p = \frac{10 * K}{t^n} * \left(1 + \frac{6 * \rho_s}{1000}\right) = 27360 \text{ V}$$

Los resultados obtenidos eran los calculados para una persona con un peso estimado de 50 kg, los siguientes calculados son en base a IEEE-80-2000.

$$\text{Tensión de contacto: } E_{touch} = (1000 + 1,5 * C_s * \rho_s) * \frac{0,116}{\sqrt{t_s}}$$

$$\text{Tensión de paso: } E_{step} = (1000 + 6 * C_s * \rho_s) * \frac{0,116}{\sqrt{t_s}}$$

Teniendo en cuenta que  $C_s$  es el factor de reducción calculado como:

$$C_s = 1 - \left(\frac{0,09 * (1 - \frac{\rho}{\rho_s})}{2 * h_s + 0,09}\right)$$

Conociendo:

- $\rho$  es la resistividad del terreno:  $\rho = 200 \Omega \cdot \text{m}$
- $\rho_s$  es la resistividad de la grava:  $\rho_s = 3000 \Omega \cdot \text{m}$
- $h_s$  es el espesor de capa de grava:  $h_s = 0,1 \text{ m}$

Se concluye:

$$C_s = 0,71$$

$$E_{touch} = 688,2 \text{ V}$$

$$E_{step} = 2260,6 \text{ V}$$

### Resistencia de puesta a tierra $R_g$

$$R_g = \rho * \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20 * A}} * \left(1 + \frac{1}{1 + h * \sqrt{\frac{20}{A}}}\right)\right)$$

Conociendo:

- $\rho$  es la resistividad del terreno:  $\rho = 200 \Omega \cdot \text{m}$
- $A$  es la superficie ocupada por la malla:  $A = 14 \times 36 = 504 \text{ m}^2$
- $h$  es la profundidad de enterramiento del conductor:  $h = 0,9 \text{ m}$
- $L$  es la longitud del conductor enterrado:  $L = 447 \text{ m}$

La sección diseñada de los cables de Cu para la malla de tierra es de  $35 \text{ mm}^2$ .

Se obtiene una resistencia de puesta a tierra de  $R_g = 4,128 \Omega$ . Es un valor menor al de  $5 \Omega$  que es el máximo recomendado por la NFPA y la IEEE.

### Intensidad de defecto a tierra

Según estudios realizados e información recogida en reportes realizados por la REE acerca de faltas monofásicas en la subestación de Es Bessons, suelen tomar valores comprendidos entre los 6 y 8 kA, por lo que por seguridad de instalación todos los cálculos se realizarán con la intensidad de 10 kA.

Según la ITC-RAT 13 se ha decidido conectar el neutro rígido a tierra, produciendo una disminución de la intensidad monofásica de cortocircuito. Existe la posibilidad de aplicar un factor de reducción  $S_f$  según lo establecido en la IEEE-80-2000. Su valor depende de los caminos de retorno de los hilos de distribución y guarda de las líneas de transmisión.

Teniendo en cuenta el valor de la resistencia de puesta a tierra y la información anteriormente comentada la intensidad de defecto a tierra será:

$$I_g = 8,35 \text{ kA}$$

### Evaluación de tensiones de paso y contacto

Siguiendo lo establecido en la IEEE 80, teniendo en cuenta un primer diseño de la malla y la clasificación de la falta se pueden estimar unos valores de tensiones de paso y contacto.

Datos utilizados:

- $\rho$  es la resistividad del terreno:  $\rho = 200 \Omega \cdot \text{m}$
- $h$  es la profundidad de enterramiento del conductor:  $h = 0,9 \text{ m}$
- $L$  es la longitud del conductor enterrado:  $L = 447 \text{ m}$
- $D$  es el espacio medio entre conductores:  $D = 2 \text{ m}$
- $d$  diámetro del conductor (sección de  $35\text{mm}^2$ ):  $d = 0,007 \text{ m}$

Con los datos anteriores y las expresiones de la IEEE se obtienen los valores intermedios:

$$K_h = \sqrt{1 + h} = 1,38$$

$$K_i = 0,644 + 0,148 * n = 1,94$$

$$K_{ii} = \frac{1}{(2n^{\frac{2}{n}})} = 0,52$$

$$n = n_a * n_b * n_c * n_d = 8,73$$

$$n_a = \frac{2 * Lc}{Lp} = 8,4$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4 * \sqrt{A}}} = 1,05$$

$$n_c = \left(\frac{L_x * L_y}{A}\right)^{\frac{0,7 * A}{L_x * L_y}} = 1$$

$$n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}}$$

Conociendo:

- $L_p$  es la longitud del perímetro de la malla:  $L_p = 100$  m
- $L_y$  es la longitud máxima de la malla en la dirección y:  $L_y = 14$  m
- $L_c$  es la longitud del conductor de la malla:  $L_c = 447$  m
- $L_x$  es la longitud máxima de la malla en la dirección x:  $L_x = 36$  m
- $D_m$  es la máxima distancia entre dos puntos de la malla:  $D_m = 38,6$  m

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[ \ln \left( \frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \ln \left( \frac{8}{\pi(2n-1)} \right) \right] = 0,65$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} * \left[ \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} * (1 - 0,5^{n-2}) \right] = 0,53$$

$$E_{contacto} = \rho K_m K_i * \frac{I_g}{L} = 8674 \text{ V}$$

$$E_{paso} = \rho K_s K_i * \frac{I_g}{L} = 7412 \text{ V}$$

Ambos resultados de tensiones se encuentran dentro de los valores máximos establecidos en el IEEE-80-2000 y ITC-RAT 13.

## Conductor

Para calcular la sección mínima del conductor según la IEEE-80, hay que aplicar lo siguiente:

$$A = I \cdot \frac{1}{\sqrt{\left( \frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r} \right) \ln \left( \frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a} \right)}}$$

Donde:

- TCAP es la Capacidad Térmica del conductor:  $TCAP = 3,42 \text{ J/cm}^3 \cdot ^\circ\text{C}$
- $\rho_r$  es la resistencia del conductor a  $20^\circ\text{C}$ :  $\rho_r = 1,78 \mu\Omega \cdot \text{cm}$
- $\alpha_r$  es el coeficiente térmico de resistividad a  $20^\circ\text{C}$ :  $\alpha_r = 0,0381 \text{ } 1/^\circ\text{C}$
- $K_0$  es la inversa del coeficiente térmico de resistividad a  $0^\circ\text{C}$ :  $K_0 = 242$
- $I$  representa la mitad de la corriente de falta a tierra:  $I = 8,35 \text{ kA}$
- $t_c$  es el tiempo máximo de falta:  $t_c = 0,5 \text{ s}$
- $T_a$  representa la temperatura ambiente:  $T_a = 40^\circ\text{C}$
- $T_m$  es la temperatura máxima alcanzable por el conductor y las uniones:  $T_m = 300^\circ\text{C}$

Los valores propios de las propiedades del cobre comercial, material conductor, se pueden encontrar en la primera tabla del documento IEEE-80-2000.

Con estos valores se obtiene una sección mínima del cobre de:  $A = 101,3 \text{ mm}^2$

Por lo que será necesario escoger un conductor de sección normalizada de  $120 \text{ mm}^2$  superior a la calculada. Es necesario calcular la corriente máxima que puede circular por el cable, por lo que es necesario conocer la densidad de corriente máxima soportable por el conductor cobre:  $192 \text{ A/mm}^2$ .

$I_{\text{máx}} = 46 \text{ kA}$

El valor hay que comprobarlo con la mitad del valor de falta de tierra, dado que la malla de tierras está diseñada de tal forma de que deben llegar por lo menos dos conductores a cada punto de puesta tierra. Se comprueba que el valor de la corriente máxima es superior a la mitad de la intensidad de falta  $8,35 \text{ kA}$ .

## 2.2 Conclusiones

Tras llevar a cabo los cálculos y la elección de las características de la malla de tierras inferiores, se comprueba que los resultados obtenidos de tensiones de paso y contacto se encuentran por debajo de los máximos permitidos por las normativas ITC-RAT 13 y IEEE-80-2000.

A pesar de todo ello será necesario, por medidas de seguridad, volver a comprobar los valores de manera experimental antes de la puesta en marcha de la planta.

### 3. RED DE TIERRAS SUPERIORES

El objetivo de este sistema de tierras es el de atrapar las descargas atmosféricas y dirigir las a la malla de tierras enterrada y que sean neutralizadas. Teniendo siempre en cuenta que la prioridad principal es garantizar la seguridad del personal y de los equipos de la instalación.

Este sistema de tierras superiores se va a componer de unas puntas Franklin situadas sobre unos soportes. Se añadirán un juego de hilos de guarda en este sistema. Todo el conjunto se encuentra conectado a la malla de tierra mediante el soporte metálico del que se compone el soporte.

Se ha elegido el modelo electro geométrico de las descargas atmosféricas para diseñar el sistema de protección.

Para la protección de los equipos y embarrados se ha optado por el apantallamiento total. En este criterio se establece que las descargas atmosféricas mayores a los niveles de aislamiento, y culpables de sobretensiones han de ser atraídos por los hilos de guarda.

Para todo este sistema es necesario asegurarse que la zona de captación de descargas cubre todas las áreas en las que se encuentran elementos bajo tensión.

Para conocer esa área es necesario calcular el radio crítico de cebado:

$$r = 8 \cdot I^{0,65}$$

Sabiendo:

- $I = \frac{1,1 \cdot U \cdot N}{Z}$
- N es el número de líneas conectadas a la subestación: N=2
- U es la tensión soportada a impulso tipo rayo: U= 1050 kV
- Z es la impedancia característica de las líneas: Z =400  $\Omega$

$$I = 5,78 \text{ kA}$$

Conociendo este valor y la expresión del radio de cebado:

$$r = 8 \cdot 5,78^{0,65} = 25 \text{ m}$$

Por lo que el sistema de protección puede garantizar un apantallamiento en un radio crítico de 25 m.

## 4. CÁLCULO MECÁNICO DE EMBARRADOS RÍGIDOS

### 4.1 Hipótesis de diseño

Para que la planta tenga un correcto desarrollo de su vida útil, además del inicial sobredimensionamiento del 40%. Hay que tener en cuenta otros valores como:

- Tiempo de despeje del cortocircuito: 0,5 s
- $I_{cc} = 10$  kA
- R/X: 0,07

Las interconexiones se realizarán a través barras de Cu que vienen incluidas en las celdas de media tensión. Tres pletinas de cobre por cada embarrado principal, que vienen incluidas en cada celda de media tensión.

### 4.2 Condiciones de la instalación

Atendiendo a la ITC-LAT, la instalación se encuentra entre los 500 y 1000 metros, es decir, está entre aquellas que pertenecen a la zona B. Hay que tener en cuenta las siguientes condiciones:

- Viento: Presión de viento a 140k/h = 95,3 DaN/m

### 4.3 Normativa Aplicable

Los cálculos realizados en los apartados se basan en la normativa vigente, recogidos en los Reglamentos y Normas que siguen:

- Instrucciones Técnicas Complementarias en Subestaciones. DECRETO nº 842/02 de 2-AGO en B.O.E.: 18-SEPT-02
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. R. D. 3275/1982 de 12 de noviembre y sus modificaciones posteriores, la última por O.M. de 10/03/00
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias
- Norma CEI 865 de 1986, “Cálculo de los efectos de las corrientes de cortocircuito”
- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero de 2008
- Norma UNE EN 60865-1, “Corrientes de cortocircuito, cálculo de efectos. Parte1: Definiciones y métodos de cálculo”
- Norma CEI 909-1988, “Cálculo de corrientes de cortocircuito en redes de corriente alterna trifásica”
- Norma VDE 0102
- Norma DIN 43670

La prioridad es la seguridad tanto del personal como de los dispositivos, por lo que si aplicando la normativa anterior se obtienen distintos valores coherentes dentro de lo establecidos en las normas se elegirá siempre el más restrictivo.

#### 4.4 Características de los materiales/equipos a instalar

##### **Celdas de media tensión**

Celda de media tensión Gama F 400

Tensión: 30 kV

Intensidad de corta duración admisible: 25 kA

Tensión nominal de resistencia a frecuencia industrial: 70kV

Tensión de resistencia a impulsos tipo rayo: 170 kV

Intensidad nominal máxima en barras: 1250 A

Resistencia al arco interno (kA70,5s): 31,5

Envolvente: IP 35

Más características adjuntadas en los manuales de los equipos.

#### 4.5 Cálculo mecánico del embarrado principal

##### **Corriente Cortocircuito**

Como se ha podido observar en cálculos anteriores, la intensidad de cortocircuito para el diseño se estima en 10 kA.

Siguiendo lo establecido en la S/CEI 909 la intensidad de pico se calcula:

$$I_p = \varepsilon * \sqrt{2} * I_{cc}$$

Conociendo que:

$$\varepsilon = 1,02 + 0,98 * e^{-3R/X}$$

Resultando:  $\varepsilon = 1,81$  y por siguiente la  $I_p = 25,6$  kA.

##### **Esfuerzos en embarrado**

Dado que los embarrados principales se encontrarán dentro de un edificio en celdas de media tensión podemos descartar los esfuerzos debidos a los agentes meteorológicos (viento, hielo, gravedad, etc.).

Esfuerzos debido a cortocircuito:

A través de la siguiente expresión se calcula la fuerza por unidad de longitud entre conductores paralelos.

$$F_s = 0,866 * \frac{\mu_0 * I_p^2}{2 * \pi * a}$$

Sabiendo:

- $\mu_0$  es la permeabilidad magnética del vacío ( $4 \pi * 10^{-7} \text{ N/A}^2$ ).
- $I_p$  es la corriente cresta de cortocircuito trifásico
- $a$  es la distancia media entre fases

Se obtiene:

$$F_s = 57,73 \text{ N/m}$$

Para el cálculo del esfuerzo dinámico de cortocircuito del conductor es necesario hallar previamente dos coeficientes dependientes de la frecuencia de vibración.

$V_r$ : factor relacionado con el reenganche

$V_\sigma$ : factor del efecto dinámico

Siguiendo la expresión del S/ CEI 865 se obtiene la frecuencia de vibración:

$$f_c = \frac{\gamma}{l^2} * \sqrt{\frac{EI}{m}}$$

Conociendo:

- $m$  es la masa unitaria de la barra
- $I$  es la inercia de sección de barra
- $E$  es el módulo de Young del material
- $l$  es la longitud del vano
- $\gamma$  coeficiente de la barra y apoyo: 0,9 m

Se obtiene:

$$F_c = 1,12 \text{ Hz}$$

$$V_r = 1,31$$

$$V_\sigma = 0,17$$

La tensión debido al esfuerzo dinámico:

$$\sigma_m = V_\sigma * V_r * \beta * \frac{F_s * l^2}{8 * z}$$

Donde:

- $\beta = 1$
- $z$  es el módulo resistente de sección

Resultando:

$$\sigma_m = 28,37 \text{ N/mm}^2$$

La tensión total de trabajo es el resultado de la suma de todos los esfuerzos

$$\sigma_i = \frac{1}{8} * \frac{P * l^2}{z}$$

Conociendo:

- $P$  es la carga repartida debida al esfuerzo
- $l$  longitud de vano
- $z$  es el módulo resistente

Hay que tener en cuenta el coeficiente de seguridad a aplicar.

También hay que comprobar que el esfuerzo debido a cortocircuito esté por debajo de los límites establecidos en CEI 865.

$$\sigma_{to} \leq q \leq R_{p0,2}$$

$q$  es la resistencia de conductor, 1,763 y  $R_{p0,2} = 155 \text{ N/mm}^2$

$$47,52 \leq 207,3$$

### **Elongación del embarrado**

Se estudia la posible dilatación de las barras debido a los efectos propios de la temperatura.

$$\Delta l = l_0 * \alpha * \Delta \theta$$

Conociendo:

- $\alpha$  es el coeficiente de dilatación = 0,013 mm/m°C
- $l_0$  longitud de barra en metros

- $\Delta\theta$  incremento entre en servicio (75°C) y montaje (35°C)

Se obtiene:  $\Delta l = 0,9 \cdot 40 \cdot 0,013 = 0,9315 \text{ mm}$

En la puesta en marcha se comprobará esta elongación mediante instrumentos de medición especializados.

### **Esfuerzo térmico en cortocircuito**

Según el CEI 865 la intensidad térmica de cortocircuito viene dada por la siguiente expresión.

$$I_{\theta} = I_{cc} * \sqrt{(m + n)}$$

Conociendo que m y n (0,097 y 0,758) representa los coeficientes térmicos de disipación.

Se obtiene:  $I_{\theta} = 9,25 \text{ kA}$

Hay que verificar que el valor calculado se encuentre por debajo del límite de la capacidad térmica del embarrado, cuya densidad es de 178 A/mm<sup>2</sup>.

Para calcular la capacidad térmica hay que utilizar la expresión:  $S \cdot q = 2.158 \cdot 178 = 384,124 \text{ kA}$ , valor ampliamente superior a la corriente térmica de cortocircuito.

### **Intensidad nominal de las barras**

Conociendo las especificaciones del fabricante podemos saber la corriente nominal de las barras 630 A.

A esta intensidad se le deberá aplicar un factor de corrección como indica la DIN 43670. Estos factores de corrección estarán determinados por los factores como la altitud, la temperatura máxima de trabajo y la composición de las barras (ITC-RAT 04).

Coeficientes:

- $k_1 = 0,987$  por el material
- $k_2 = 1,25$  temperatura estimada de 80°C
- $k_3 = 1$  por ser sección rectangular
- $k_4 = 0,98$  para instalaciones a menos de 1000 metros de altitud sobre el nivel del mar

La expresión por utilizar:

$$I_{max} = I_n * k_1 * k_2 * k_3 * k_4 = 761,72 \text{ A}$$

## **CAPÍTULO 3: ESTUDIO ECONÓMICO**

## ÍNDICE

1. OBJETO: pág. 54
2. RENTABILIDAD DE LA INSTALACIÓN: pág. 54

## 1. OBJETO

El Objetivo de este capítulo es el estudio económico y la rentabilidad del proyecto, dado que es uno de los pilares fundamentales a la hora de estudiar la viabilidad de estos. Aun así es necesario llevar un estudio económico de sus costes para su audición y posterior retribución . Se trata de un proyecto llevado a cabo por RE para la estabilidad de la red Balear.

Para la rentabilidad del proyecto no se busca maximizar ningún beneficio si no, minimizar en todo lo posible los costes y analizar si los costes del proyecto compensan los costes en pérdidas e incidente generados por la inestabilidad de la red. También se asumirá como un coste e inversión en el proceso de descarbonización de las islas, y como iniciativa que apuesta por un sistema eléctrico más renovable. A pesar de mencionar las razones principales que motivan el desarrollo de este proyecto ha de tenerse en cuenta la retribución en la Circular 5/2019, de 5 de diciembre, de la Comisión Nacional de los Mercados y la competencia, en la se describen criterios y métodos a través de los cuales calcular la retribución de las actividades de transporte de la energía eléctrica.

## 2. RENTABILIDAD DE LA INSTALACIÓN

Al final de este proyecto se encuentra el documento nº4 en el que recogen los cálculos de costes y la inversión inicial necesaria para desarrollar la planta. El coste inicial es de 43.711.335,53 €,

Los costes reunidos en ese documento se agrupan en:

- Aparamenta
- Obra civil
- Pruebas
- Red de tierras
- Sistemas de alumbrado y anti-intrusismo
- Sistemas auxiliares y de control
- Otros

El desarrollo de la instalación de la BESS, sin tener en cuenta las dos líneas de acometidas que energizan la instalación desde el parque de 66kV de la subestación, está incluido como instalación singular por la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC).

Estas instalaciones se tratan de unas tecnologías que no se han implantado mucho en las redes eléctricas, dado a su alto coste baja rentabilidad para el consumo privado o comercial. Por lo que únicamente se llevan a cabo cuando está justificado su implementación

y su gran impacto en la red. Por ello es difícil encontrar otras instalaciones con estas características para compararla con ella. La mayoría de las instalaciones de este tipo son de baja potencia y suelen ir acompañadas de plantas de generación renovable como la solar fotovoltaica.

No se estima ningún tipo de beneficio más allá del que experimentaría la propia red Balear, el cual es difícil de cuantificar dado a los numerosos factores que entran en juego cuando hablamos de inestabilidades de la red o pérdidas del servicio.

Hay que tener en cuenta que la instalación necesitará una serie de mantenimientos tanto preventivos como correctivos. El coste final de mantenimiento y operación se estima de unos 150 000 € dado que las instalaciones de estas características apenas necesitan ningún sobre coste de operación ni personal a pie de planta. Y dado a la clase de apareamiento modular seleccionada apenas necesita mantenimiento.

## **CAPÍTULO 4: ANEJOS**

## ÍNDICE

1. MÓDULOS DE BATERÍAS BESS: Pág. 58
2. CELDAS DE MEDIA TENSIÓN: Pág.72
3. ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO  
SOSTENIBLE: Pág. 101

## 1. MÓDULOS DE BATERÍAS BESS

ESSW - BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM

Energy available and under control, from generation to consumption



Motors | Automation | Energy | Transmission & Distribution | Coatings

### ENERGY AVAILABLE AND UNDER CONTROL FROM GENERATION TO CONSUMPTION

The ESSW product line is a complete electrical energy storage and management system that can be configured to perform numerous functions – from reducing the intermittency of renewable generation sources to performing ancillary services in power substations.

The system consists of an energy control and management solution which coordinates the operating modes and optimizes their performance, ensuring higher efficiency and better use of energy resources, in addition to providing operational flexibility and energy supply reliability.



#### Advantages

- ▢ Modular and customizable system
- ▢ Parallel operation with different power sources
- ▢ On-grid and off-grid operation
- ▢ Remote monitoring and control
- Complete energy management
- ▢ Real-time operation setting
- ▢ No pollution generation

- ▢ Easily integrated with existing electrical systems
- ▢ High energy density
- ▢ Integration with renewable generation sources
- ▢ High storage capacity
- ▢ High charging and discharging capacity
- ▢ Extended service life
- ▢ Low maintenance
- ▢ High safety level

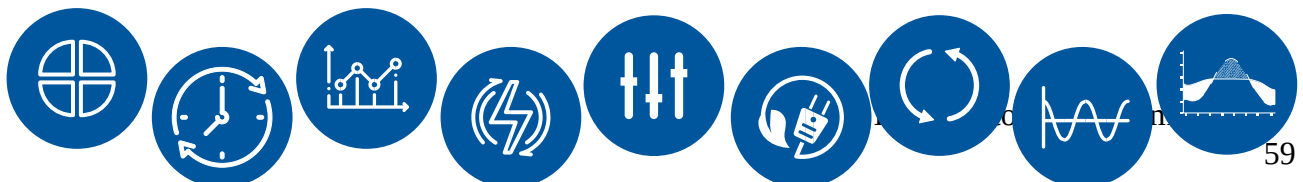
#### Why Energy Storage?

Battery Energy storage systems are capable of intensively exploiting energy resources, playing an important role in the unification, distribution and capacity expansion of distributed generation systems. This technology allows disseminating the use of solar, wind and other renewable energy sources in a sustainable manner, overcoming the problems of random energy availability and increasing the efficiency of the system as a whole, in addition to contributing to the reduction of environmental impacts.

The ESSW line stands out for being a solution fully developed to meet the specific demand of each project.

#### Operating Modes

Power factor Peak Voltage and Spinning Load Leveling regulation shaving frequency regulation



reserve

Black Start

Time Shifting Power Energy stabilization  
management

*Note: the operating modes for each system will be defined according to the specific needs of each application.*

## Main Components

The ESSW is a modular, scalable solution that can be configured for different applications. The components are individually designed and manufactured to meet the specific demands of each installation.

- ▢ Special E-house for BESS;
- ▢ Bidirectional converter;
- ▢ Battery bank;
- ▢ Power transformer;
- ▢ DC switchboards;
- ▢ AC switchboards;
- ▢ HVAC and fire control system;
- ▢ Energy Management System (EMS).

The main components are the battery pack and the bidirectional converter.

## Batteries

The high efficiency of the ESSW energy storage system is guaranteed by the advanced battery technology and the integrated BMS. The lithium battery has a reduced environmental impact combined with excellent performance and safety. The ideal battery bank for the project is defined according to the type of application, storage capacity, charging/discharging capacity, service life, etc. Lithium batteries are used because they provide several advantages in relation to the other topologies used worldwide – among them, high energy density, extended useful life, high charging and discharging capacity, modularity and low maintenance.

The figure below shows the modularity of these batteries; the cells are enclosed in modules and mounted on racks. Each rack has its energy measurement, control and management unit (BMS).



## Bidirectional Converter

ModuleRack  
Advantages

- ▢ Modular structure ensuring easy operation and maintenance;
- ▢ Flexible arrangement for various voltage levels and storage capacities;
- ▢ Design of the battery management system (BMS) in three levels (module, rack and bank), ensuring greater control and monitoring of the system;

Battery Bank

- ▢ High reliability and safety provided by the chemistry used;
- ▢ Long service life;
- ▢ Optimized dimensions ensuring high energy density and reduced weight;
- ▢ Flexible and fast transportation and implementation;
- ▢ Lower maintenance in comparison to other battery chemistries.

WEG converters combine bidirectional modular inverters with automation, control and thermal management systems, and AC and DC interconnections in a single integrated, flexible and scalable device. Designed specifically for use in energy storage systems, they simplify the integration and installation, reducing operation and maintenance costs. The converters used in the ESSW were developed to offer excellent cost effectiveness combined with a long service life. The converters are defined according to the power, voltage and current level, dimensions, monitoring characteristics, energy control and modularity.



- ☞ Three-phase 380 V ac
- ☞ Power from 50 to 300 kVA
- ☞ High power factor (>0.99)
- ☞ Manageable via Modbus
- ☞ Complete HMI
- ☞ Operation with all battery types
- ☞ Reactive compensation
- ☞ On-grid and off-grid operation

#### Advantages

- ☞ Compact, efficient, flexible, configurable and scalable;
- ☞ Integrated and highly efficient cooling system;
- ☞ Bus connections for integrated AC and DC coupling reduce the overall installation cost;
- ☞ Converter control with dynamic stability model that complies with the main international standards;

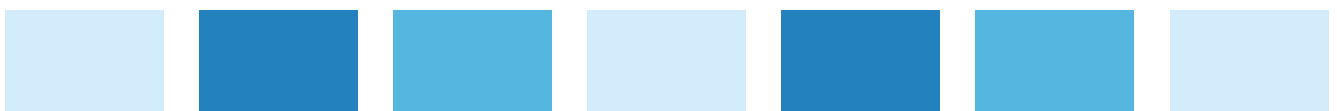


- ☞ Three-phase 320 to 550 V ac
- ☞ Power from 0.5 to 2.0 MW
- ☞ Manageable via Modbus ☞ Reactive power compensation ☞ Operation with all battery types
- ☞ Integrated circuit breakers and cooling
- ☞ On-grid and off-grid operation
- ☞ Modular with quick maintenance
- ☞ Seamless transactions

- ☞ Control technology options offer simplified stabilization to the system (on-grid), with the possibility of including black start, islanding and re-synchronization with the network;
- ☞ Interface to comply with the main network standards, including resources for reactive power compensation (VAR), frequency response, voltage regulation and operation during periods of low and high voltage.

#### E-house

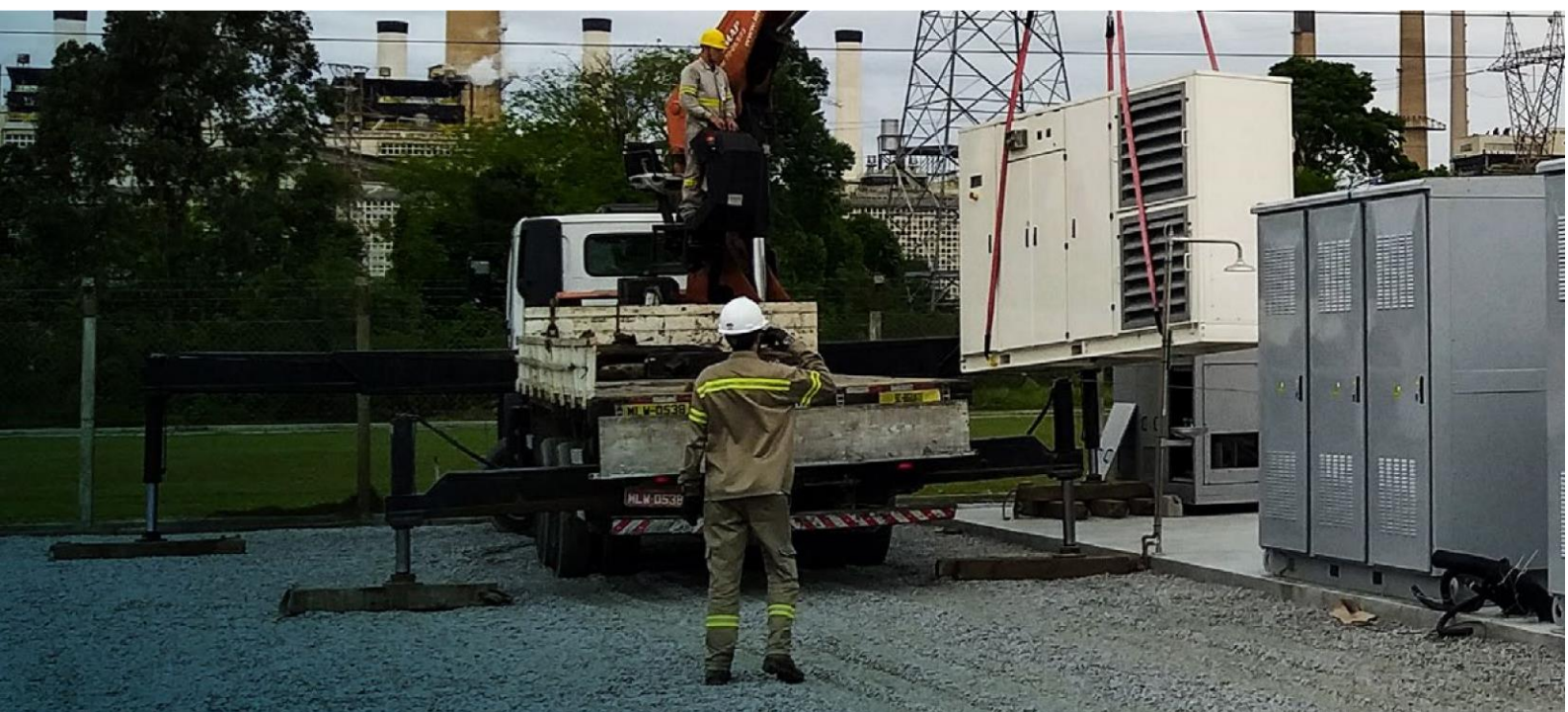
The ELW E-Houses are an integrated solution designed and manufactured to order, meeting each customer's specific needs. Assembled on a single platform, they integrate the battery system, converter, DC and AC switchboards, transformer, automation system and auxiliary equipment, being



delivered assembled, interconnected and tested at the factory. They represent a customized solution, eliminating the need for masonry works and different suppliers. In addition, since there are no size limitations, they can be used in small and large installations, in many different (even aggressive) environments and industrial activities.

#### Advantages

- ✎ Shorter lead time to execute the projects
- ✎ Shorter assembly time in the field
- ✎ Small construction site infrastructure required (lower cost of mobilization and demobilization)
- ✎ Factory assembly and field installation are not affected by weather conditions
- ✎ Single engineering to integrate all devices and systems
- ✎ Reduction in the storage area and in the works in the field
- ✎ Better process control and quality systems
- ✎ Reduction of engineering, project management and supply costs (optimization of the procurement process)
- ✎ Logistics gain in the manufacturing, platform testing, start-up and commissioning
- ✎ Shorter lead time



## Transformer

Designed to meet the demand for transformers that provide greater safety, space saving, simple maintenance and lower installation and maintenance costs, transformers insulated with epoxy are the best choice. This product line offers solutions for all kinds of environments. The vacuum encapsulation process and the quality of the resin prevent partial discharges and significantly increase transformer service life. They are available in powers 112.5 to 20,000 kVA, in voltage classes up to 36.2 kV, protection rating up to IP55.

### Advantages

- ▢ Usual powers of 112.5, 150, 225, 300, 500, 750, 1,500, 2,000, 2,500, 3,000, 5,000, 7,500, 10,000, 12,500, 15,000 and 20,000 kVA, in classes up to 36.2 kV;
- ▢ Manufactured according to ABNT (Brazilian Association of Technical Standards) or IEC – International Electric Code;
- ▢ High voltage encapsulated in epoxy resin suitable thermal demands up to 200 °C;
- ▢ Available in all IP protection ratings established by national and international standards;
- ▢ Ecologically correct, since they do not have insulating fluids with potential environmental impact emission of toxic gases;
- ▢ Greater safety, as the resin used has self-extinguishing properties;
- ▢ No need for special civil works, such as fire stop walls or oil containment basins;
- ▢ Simplified protection system;
- ▢ Reduction of the installation insurance costs;
- ▢ Low installation costs, reducing investment in cabling, since they can be installed close to the load centers, and no containment tanks are required.

### Automation and Monitoring System

The Automation System is composed of:

#### EMS

The EMS (Energy Management System), by means of an industrial PLC (programming based on IEC



the  
from  
with

1,000,  
kV;

for

or



61131-3) and an industrial communication network, manages the operation and control of the distribution system and must allow the control of variables of interest of the storage system and the monitoring of electrical quantities, operational status and alarms of the entire system (PCS, BMS, renewable sources, generator, etc.).

The EMS has a local access platform (SCADA + HMI) with a real-time status monitor, which allows viewing monitoring data, alarms, reports, and charging and discharging curves, sending control commands, changing operating modes, among others. It is also possible to access this system through a remote platform (online access).

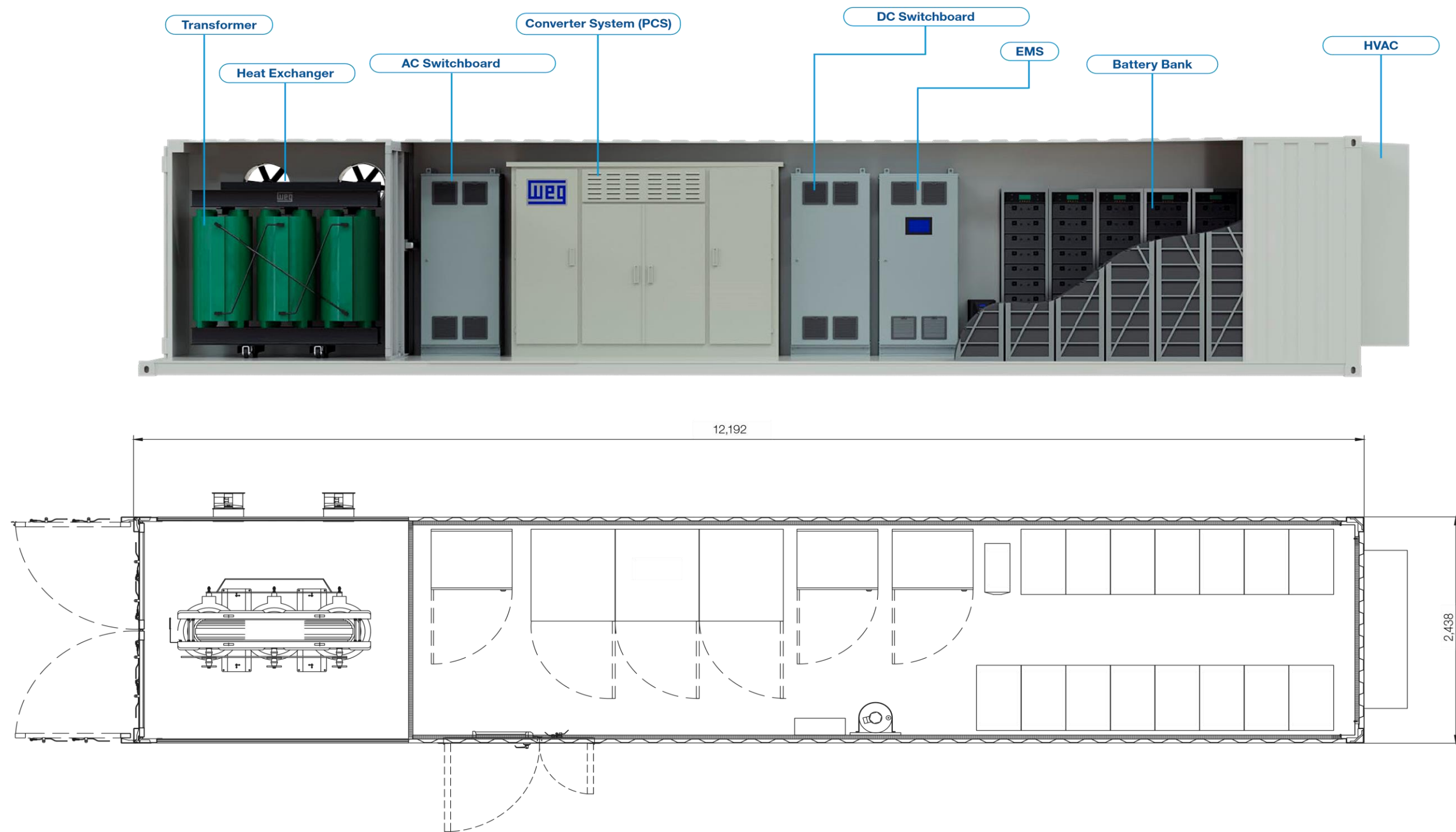
#### PCS

The PCS (Power Converter System) is the interface between the DC link of the batteries and the AC busbar of the inverter. In addition, the PCS monitors electrical variables, alarms of interest and is fully integrated with the operation, control and energy management (EMS) system.

#### BMS + Batteries

The BMS (Battery Management System) manages the bank of rechargeable batteries, preventing the pack from operating outside its safe operating range, monitoring its status, calculating secondary data and informing such data to the EMS and PCS.

#### EMS



ESSW - Battery Energy Storage System11

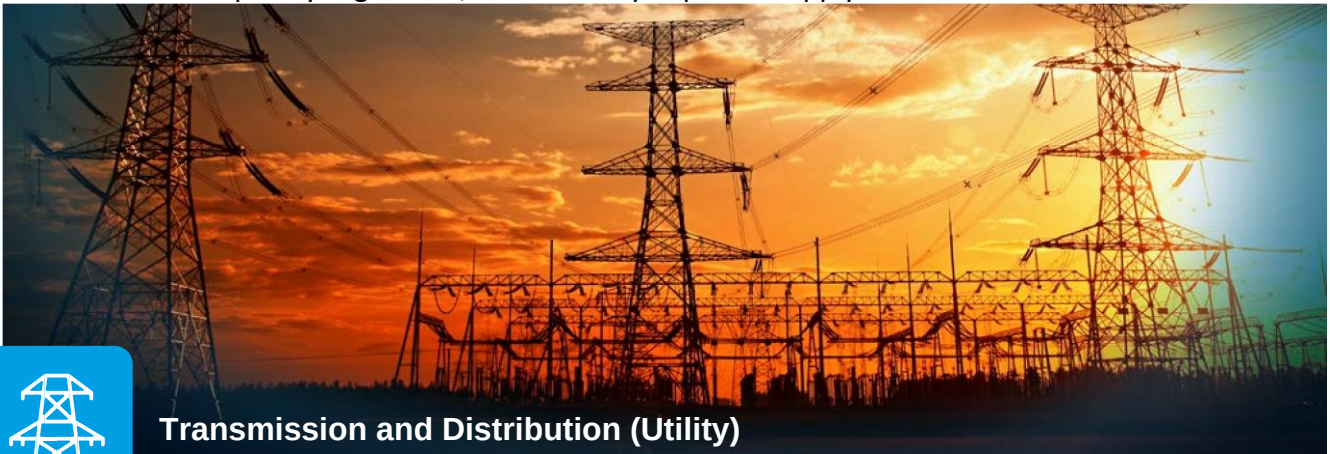
## Main Applications



### Power Generation

For use in parallel with intermittent generation sources (wind and solar)

- ▣ Voltage regulation;      ▣ Power stabilization;
- ▣ Frequency regulation;    ▣ Reliability in power supply.



### Transmission and Distribution (Utility)

- ▣ Reduction in peak demand;    ▣ Elimination of network overloads;
- ▣ Postponement of investments;    ▣ Load balancing.



### Industry Commercial and Industrial (C&I)

- ▣ Microgrids and isolated systems;    ▣ Energy backup;    ▣ Transportation sector (in parallel with
- ▣ Reduction in consumption;    ▣ Response to passive demand;    ▣ electric vehicle charging stations).
- ▣ Distributed storage;    ▣ Energy management;

| Model                           | ECBID                            |     |     |                   |     |     | FP2000                                                       |      |      |      |       |       |       |       |
|---------------------------------|----------------------------------|-----|-----|-------------------|-----|-----|--------------------------------------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
|                                 | 50                               | 100 | 150 | 200               | 250 | 300 | Single                                                       |      |      |      | Dual  |       |       |       |
| AC connection                   |                                  |     |     |                   |     |     |                                                              |      |      |      |       |       |       |       |
| Number of phases                | Three-phase                      |     |     |                   |     |     |                                                              |      |      |      |       |       |       |       |
| Rated voltage (V)               | 380                              |     |     |                   |     |     | 380                                                          | 400  | 480  | 550  | 380   | 400   | 480   | 550   |
| Rated power (kW)                | 50                               | 100 | 150 | 200               | 250 | 300 | 620                                                          | 650  | 775  | 900  | 1,240 | 1,300 | 1,550 | 1,800 |
| Rated frequency (Hz)            | 50 or 60                         |     |     |                   |     |     |                                                              |      |      |      |       |       |       |       |
| Power factor correction         | 0.6 - 1                          |     |     |                   |     |     | 0.1 - 1                                                      |      |      |      |       |       |       |       |
| Output current distortion (%)   | <3                               |     |     |                   |     |     |                                                              |      |      |      |       |       |       |       |
| DC connection                   |                                  |     |     |                   |     |     |                                                              |      |      |      |       |       |       |       |
| Rated voltage (V dc)            | 720                              |     |     |                   |     |     | 675                                                          | 720  | 840  | 980  | 675   | 720   | 840   | 980   |
| Maximum input voltage (V dc)    | 900                              |     |     |                   |     |     | 1,150                                                        |      |      |      |       |       |       |       |
| Minimum input voltage (V dc)    | 600                              |     |     |                   |     |     | 580                                                          | 600  | 720  | 825  | 580   | 600   | 720   | 825   |
| Maximum charging current (A)    | 83                               | 167 | 166 | 330               | 415 | 500 | 1,250                                                        |      |      |      | 2,500 |       |       |       |
| Maximum discharging current (A) | 85                               | 170 | 170 | 340               | 427 | 515 | 1,250                                                        |      |      |      | 2,500 |       |       |       |
| Communication                   |                                  |     |     |                   |     |     |                                                              |      |      |      |       |       |       |       |
| Communication interface         | RS485 Serial Modbus, dry contact |     |     |                   |     |     | Modbus TCP/IP, DNP3                                          |      |      |      |       |       |       |       |
| Mechanical data                 |                                  |     |     |                   |     |     |                                                              |      |      |      |       |       |       |       |
| Protection rating               | IP20                             |     |     |                   |     |     | IP54 (indoor) / IP55 (outdoor)                               |      |      |      |       |       |       |       |
| Dimensions (H x W x D) (mm)     | 1,603.5 x 606 x 630              |     |     | 1,800 x 800 x 837 |     |     | 2,229 x 2,882 x 977 (indoor) / 2,241 x 3,745 x 977 (outdoor) |      |      |      |       |       |       |       |
| Weight (kg)                     | 200                              | 200 | 220 | 460               | 480 | 510 | 2,900                                                        |      |      |      | 3,650 |       |       |       |
| Operating temperature (°C)      | 0 to +55                         |     |     |                   |     |     | -25 to +50                                                   |      |      |      |       |       |       |       |
| Maximum altitude (m)            | <1,000                           |     |     |                   |     |     |                                                              |      |      |      |       |       |       |       |
| Cooling                         | Forced ventilation               |     |     |                   |     |     | Liquid - Integrated                                          |      |      |      |       |       |       |       |
| Efficiency (%)                  | 97.5                             |     |     |                   |     |     | 98.1                                                         | 98.2 | 98.3 | 98.4 | 98.1  | 98.2  | 98.3  | 98.4  |

## Battery Bank

|                        |                                                           |
|------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Chemistry              | Lithium ion: (LFP) Iron phosphate                         |
| Rated bank capacity    | From 215 kWh                                              |
| Depth of discharge     | Batteries can be cycled from 0 to 100% (full DOD)         |
| Rated power            | 0.5C to 1C                                                |
| Management             | Integrated BMS                                            |
| Estimated service life | Above 6,000 cycles (@25 °C, 0.5C/0.5C, 100% DOD, 80% RET) |
| Installation           | Racks                                                     |

## Characteristics of the Cell

|                                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| Cell capacity (Ah/Wh)             | 280/896                         |
| Minimum/rated/maximum voltage (V) | 2.5/3.2/3.65                    |
| Dimensions (H x W x D) (mm)       | 174 x 71.7 x 207                |
| Weight (kg)                       | 5.34                            |
| Discharging/charging rate (C)     | 0.5 (standard) and 1 (opcional) |

## Characteristics of the Module

|                                   |                    |
|-----------------------------------|--------------------|
| Number of cells per module        | 20                 |
| Module capacity (Ah/kWh)          | 280/17.92          |
| Rated/minimum/maximum voltage (V) | 56/64/72           |
| Dimensions (H x W x D) (mm)       | 516 x 950 x 234    |
| Weight (kg)                       | 140                |
| Cooling system                    | Forced ventilation |

Notes: The number of modules per rack and the number of racks per bank are defined according to the voltage levels of the converter and the final storage capacity of the project.

The converter and battery bank used may change to meet the project requirements.

Example Battery Configuration - other configurations including NMC lithium chemistries are available. Also available in customized versions (on request).



# Global presence is essential, as much as understanding your needs.



[www.weg.net](http://www.weg.net)

Technical Data

Other Characteristics

|                                         |                                                                                   |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Structure                               | E-house 20'                                                                       |
|                                         | E-house 40'                                                                       |
|                                         | Special E-house                                                                   |
|                                         | Masonry structure                                                                 |
| Structural base                         | Included                                                                          |
| Fire detection and extinguishing system | Included                                                                          |
| Lightning protection system             | Included                                                                          |
| HVAC                                    | Included                                                                          |
| Lighting and emergency system           | Included                                                                          |
| Grounding system                        | Included                                                                          |
| Transformer                             | Included                                                                          |
| DC connection panel                     | Included                                                                          |
| EMS (Energy Management System)          | Included                                                                          |
| UPS                                     | Included                                                                          |
| Protection system                       | Included (chemical, electrical, mechanical, thermal and environmental protection) |

## Global Presence

With more than 30.000 employees worldwide, WEG is one of the largest electric motors, electronic equipments and systems manufacturers. We are constantly expanding our portfolio of products and services with expertise and market knowledge. We create integrated and customized solutions ranging from innovative products to complete after-sales service.

WEG's know-how guarantees our **ESSW - Battery Energy Storage System** is the right choice for your application and business, assuring safety, efficiency and reliability.



**Availability** We have a global support network



**Partnership** We create solutions that suit your needs



**Competitive edge** We unite technology and innovation

## Know Moe

High performance and reliable products to improve your production process.

Excellence is to provide a whole solution in industrial automation that improves our customers productivity.

Visit:

[www.weg.net](http://www.weg.net)



[youtube.com/weg](https://youtube.com/weg)



AUTOMATION



ESSW - Battery Energy Storage

For WEG's worldwide  
operations visit our website



**[www.weg.net](http://www.weg.net)**

+55 47 3276.4000  
[automacao@weg.net](mailto:automacao@weg.net)  
Jaraguá do Sul - SC -  
Brazil

## 2. CELDAS DE MEDIA TENSIÓN

F400

Cuadro de distribución con aislamiento en aire

Interruptor automático extraíble 1 a 40,5 kV

Distribución de media tensión

**Catálogo 2011**



# Descripción general

Patrocinador estratégico de



PE  
56  
88  
7



## Ámbito de aplicación

La F400 es adecuada para todos los requisitos de distribución de energía eléctrica de 1 a 40,5 kV

La F400 es un sistema de aparamenta en envolvente metálica con unidades extraíbles diseñadas para instalación en interiores.

La F400 se ha diseñado para la sección de MT de subestaciones de AT/MT y subestaciones de MT/MT de gran potencia.

La F400 ofrece:

Soluciones diseñadas de antemano que pueden adaptarse a sus necesidades específicas.

Reducción significativa del mantenimiento.

Centros de asistencia locales en todo el mundo.

La F400 le ofrece las ventajas de:

Continuidad del servicio de sus redes.

Mayor seguridad de su personal y sus operaciones.

Optimización de su inversión durante toda la vida útil de su instalación.

La posibilidad de integrar su cuadro de distribución de media tensión en un sistema de monitorización y control.

### Aplicaciones

Distribución de energía

Subestación de distribución.

Subestación de suministro.

Subestación de transmisión secundaria.

Industria

Petróleo y gas.

Industria química.

Metalurgia.

Industria del automóvil.

Minería.

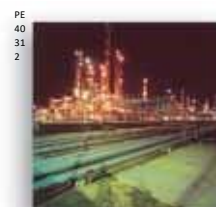
Cementeras, etc.



PE  
40  
31  
4



PE  
40  
31  
1



PE  
40  
31  
2



PE  
40  
31  
5

Infraestructuras

Aeropuertos.

Puertos.

Hospitales.

Tratamiento de agua, etc.

6

## Continuidad del servicio en condiciones absolutas de seguridad

La F400 es el resultado de la amplia experiencia adquirida en todo el mundo, y ofrece a sus redes un elevado nivel de disponibilidad y seguridad.

La F400 integra un gran número de soluciones innovadoras diseñadas en torno a técnicas probadas: aparamenta de alto rendimiento, protección digital, sistemas de monitorización y control, armarios capaces de resistir la formación de arcos eléctricos internos.

Ya desde la fase de diseño, en la F400 se han tenido en cuenta tres requisitos clave de los usuarios:

Fiabilidad



PE  
40  
31  
3

# Descripción general



Cada nivel de prestaciones en la gama F400 se ha comprobado por tipo. • La F400 se ha diseñado, fabricado y comprobado de conformidad con la norma ISO 9001: norma de calidad 2000.

Se han utilizado técnicas de modelado informático tridimensional para estudiar los campos eléctricos.

recuperación de adicionales.

El mantenimiento rutinario y simples, Instalación sencilla, dimensiones de

Seguridad

Todas las operaciones se realizan por la parte frontal.

La inserción o la extracción del carro sólo se permite con la puerta cerrada.

El indicador de encendido se encuentra en la parte frontal de la unidad funcional.

El interruptor de conexión a tierra tiene poder de cierre.

En todas las operaciones se usan manetas "antirreflexivas".

Se ha desarrollado la función de resistencia a arcos internos en todas las unidades funcionales.

## F400, una solución completa

La F400 ofrece las soluciones más eficientes para controlar y proteger una amplia gama de aplicaciones.

Los dispositivos que integran la F400 facilitan su integración en un sistema de monitorización y control.



## Simplicidad

Una interfaz de usuario fácilmente comprensible por todo el mundo.

Enclavamientos y candados para evitar errores de los operarios.

Unidades de protección de tipo Sepam para información in situ sin utilizar dispositivos

se limita a comprobaciones de funcionamiento y limpieza y engrasado cada 5 a 10 años.

ya que todos los armarios tienen las mismas ingeniería.



## Relés de protección Sepam

Los relés de protección digital Sepam de las series 20, 40 y 80 se benefician plenamente de la experiencia de Schneider Electric en protección de redes eléctricas. Las series Sepam 20, 40 y 80 incluyen todas las funciones necesarias para proporcionar:

Protección eficaz del personal y la propiedad.

Mediciones precisas y diagnósticos detallados.

Control absoluto del equipo.

Información y control a nivel local o remoto.

Capacidad de actualización sencilla

Su diseño modular permite añadir comunicación, E/S digitales,

salidas analógicas o funciones de adquisición de temperatura.



## Centrales de medida y analizadores de redes PowerLogic

Las centrales de medida PowerMeter e ION 6200/7300 de la gama PowerLogic sustituyen a varios contadores interconectados individualmente.

Esta central de medida económica y de altas prestaciones ofrece un conjunto completo de medidas precisas en valores eficaces reales.

Los analizadores de redes Circuit Monitor 3000/4000 e ION 7550/7630/8880 de la serie PowerLogic satisfacen los requisitos de aplicaciones eléctricas críticas y de grandes consumidores de energía al proporcionar la información necesaria para adaptarse a la evolución derivada de la falta de regulación.

# Descripción general

Permite medir el coste de la energía utilizada durante cualquier período de tiempo o en tiempo real.

## Control y monitorización

La F400 puede integrarse fácilmente en:

- Un sistema de monitorización y control existente: los relés digitales Sepam o las centrales de medida y analizadores de redes PowerMeter/ION/Circuit Monitor se comunican mediante protocolos estándar.

## Protección contra arcos internos Vamp

La unidad de protección contra arcos internos detecta el destello en una instalación y dispara el interruptor de alimentación. Los

dispositivos de protección contra arcos internos aumentan la seguridad de los trabajadores y reducen los daños materiales en la instalación en la mayoría de situaciones peligrosas causadas por un fallo en el sistema de energía.

## Sistema GemControl

Gestión inteligente de la aparamenta: una unidad básica para control, supervisión, medida, procesado y transmisión de datos.

8

## F400, una solución completa (continuación)

Los cuadros F400 integran tecnologías web que le permiten obtener información acerca de su instalación eléctrica tan sólo con abrir una página web.

Simplemente necesita un navegador web estándar y un PC conectado a su red local.

### Fácil de elegir

Una fácil elección entre los niveles de servicio WRM-1 y WRM-2 permite controlar el cuadro F400.

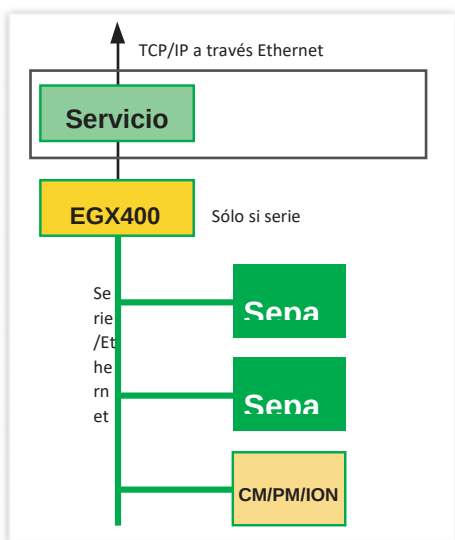
También se puede optar por un nivel personalizado.

El cuadro F400 con Web Remote Monitoring está equipado con un servidor web que incluye páginas web dedicadas a los datos de los equipos de potencia.

### Puesta en funcionamiento sencilla

El equipo Web Remote Monitoring se suministra listo para su

conexión y puesta en servicio. Una guía de “Puesta en servicio rápida”, suministrada con el cuadro, indica las tres etapas que deben seguirse para ello.



Cuadro F400.

## Lecturas instantáneas

Visualización automática de

## Resumen de circuitos

Muestra la intensidad eficaz potencia activa (kW), el factor de automático (si procede), etc.

## Resumen de corrientes

Muestra el valor eficaz de la los circuitos

## Resumen de corrientes

Muestra el valor medio de la (A) para todos los circuitos

## Potencia



| Funciones                                                             | WRM-1 | WRM-2 |
|-----------------------------------------------------------------------|-------|-------|
| medidas actualizadas                                                  | ●     | ●     |
| media para las tres fases (A), la potencia, el estado del interruptor | ●     | ●     |
| de carga                                                              | ●     | ●     |
| intensidad de cada fase (A) para todos                                | ●     | ●     |
| consumidas                                                            | ●     | ●     |
| demanda de intensidad de cada fase                                    | ●     | ●     |

# Descripción general

Muestra la demanda actual (kW), el pico de demanda (kW) y la fecha y la hora de los registros

## Energía • •

Muestra el consumo de energía activa (kWh) y energía reactiva (kVARh) y la fecha y la hora de los registros

## Medidas instantáneas, todos los dispositivos. Históricos • de tendencias, energía y datos básicos

Los valores de las medidas actualizadas automáticamente de todos los dispositivos comunicantes del equipo

## Visualización del registro •

Muestra datos en formato de curvas de tiempo o tablas

## Exportación de tablas de datos •

Permite exportar tablas de datos en un formato Windows estándar

# Descripción general

## Calidad - Medio ambiente

M  
T2  
00  
66



PE  
56  
73  
3



Calidad certificada: ISO 9001 e ISO 9002

### Una ventaja importante

En todas sus unidades, Schneider Electric integra una organización funcional cuya principal finalidad es comprobar la calidad y supervisar el cumplimiento de las normas.

Este procedimiento es:

Homogéneo para todos los departamentos.

## Gama F400

Reconocido por numerosos clientes y organismos autorizados.

Pero, sobre todo, su aplicación estricta nos ha permitido obtener el reconocimiento de una organización independiente:

**AFAQ** (la Asociación Francesa de Garantía de Calidad).

**El sistema de calidad utilizado en el diseño y la fabricación de la F400 se certifica según los requisitos de la norma ISO 9001.**

### Conservación del medio ambiente

En el marco de la política medioambiental del grupo, Schneider Electric Services pone a su disposición una flota operativa para recuperar aparataje de media tensión, lo que elimina las posibles descargas de residuos a la atmósfera.

Para ayudarle a proteger el medio ambiente y evitar que tenga que almacenar o desmantelar el equipo, Schneider Electric Services le ofrece hacerse cargo de su equipo al final de su vida útil.

La F400 se ha diseñado teniendo en cuenta la protección del medio ambiente: ● Se identifican los materiales, aisladores y conductores utilizados y se pueden separar y reciclar fácilmente.

El SF6 puede recuperarse cuando el equipo alcanza el fin de su vida útil y reutilizarse después de tratarlo.

Los centros de producción tienen la certificación ISO 14001.

Algunas referencias

# Gama F400



Energía e infraestructuras

---

● **Energía eléctrica**

|          |          |
|----------|----------|
| Sonelgas | Argelia  |
| SEC      | KSA      |
| OETC     | Omán     |
| NIPP     | Nigeria  |
| JEPCO    | Jordania |

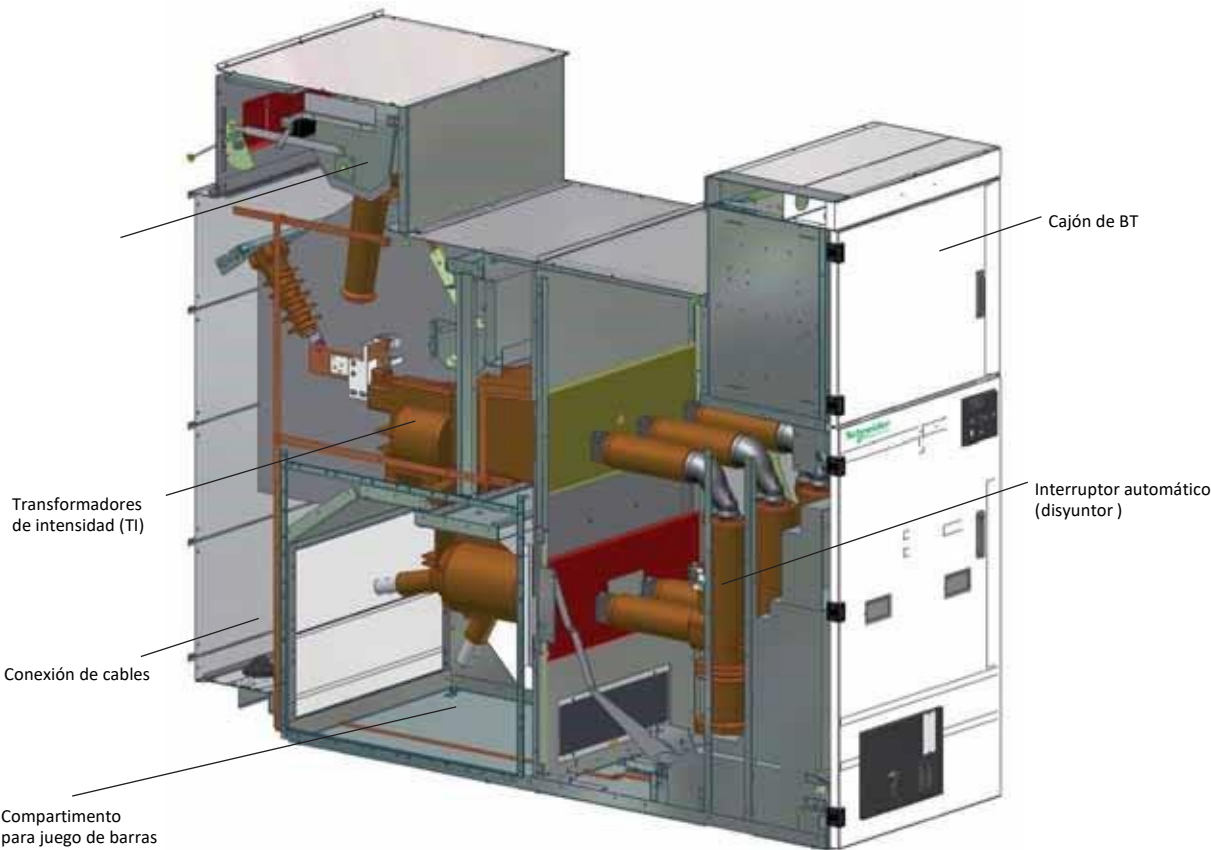
# Gama F400

PE  
56  
33  
0

|               |               |
|---------------|---------------|
| PowerCo       | Nueva Zelanda |
| Parque eólico | Turquía       |

|                           |              |
|---------------------------|--------------|
| <b>● Petróleo y Gas</b>   |              |
| Petro Amazonas            | Ecuador      |
| Sonatrach                 | Argelia      |
| QuatarPetroleum           | Qatar        |
| Exxon Mobil               | Países Bajos |
| Refinería OMSK            | Rusia        |
| Refinería NURLAT          | Rusia        |
| <b>● Infraestructuras</b> |              |
| Metro de México           | México       |
| Zonas industriales        | Turquía      |
| <b>● Aeropuertos</b>      |              |
| Aeropuerto de Girona      | España       |
| Industria                 |              |

● **Minería, Minerales y Metales**  
Rio Tinto      Australia



PE  
90  
07  
5



Des  
crip  
ción  
Transf  
ormad  
ores  
de  
tensi  
ón  
rotator  
ios  
(TT)  
Co  
mp  
osic  
ión  
de  
un  
cua

dro F400  
Los cuadros F400 se componen de varias unidades funcionales interconectadas. ● Se emplea un juego de barras simple para la conexión de alimentación entre unidades funcionales en un cuadro.

# Gama F400

La continuidad eléctrica permanente de todas las mesas de metal queda garantizada mediante la conexión de los colectores de tierra de cada unidad funcional al colector principal del cuadro.

Hay bandejas de cables de baja tensión que discurren por el cuadro por encima de los compartimentos de BT.

Los cables de BT pueden introducirse en el cuadro por la parte superior o inferior de cada unidad funcional.

Compartimento de interruptor automático

Descripción de una unidad funcional

Una unidad funcional está formada por todos los materiales de los circuitos principales y auxiliares que constituyen una función de protección.

Cada unidad funcional combina todos los componentes necesarios para llevar a cabo su función: La cabina.

La cadena de protección y control.

La parte móvil o extraíble.

PE  
56  
88  
8



PE  
40  
32  
1



PE  
40  
32  
3



Compartimento de cables

PE  
40  
32  
2



Compartimento para juego de barras

# Gama F400

## Descripción (continuación)

LSC2B (continuidad con pérdida de servicio IEC 62271-200): esta categoría define la posibilidad de mantener energizados (en servicio) otros compartimentos en caso de apertura del compartimento de un circuito principal.

IAC (clasificación de arco interno). Los distintos lados de la aparamenta en envoltentes de metal pueden tener distintas clases de accesibilidad.

Se utiliza la siguiente codificación para identificar estos paneles (de conformidad con IEC 62271-200):

A: accesibilidad restringida a personal autorizado.

F: acceso al panel frontal.

L: acceso a los paneles laterales. R: acceso al panel posterior.

La cabina F400 es de tipo LSC2B (Loss of Service Continuity Category) como se define en la norma IEC 62271-200. Esta categoría especifica la posibilidad de que se permita que un compartimento permanezca bajo tensión mientras otro está accesible. Las partes de media tensión están separadas por particiones de metal (clase PM) con conexión a tierra.

La cabina F400 consta de tres compartimentos de MT:

La parte móvil o extraíble (interruptor automático, unidad de seccionamiento o unidad de puesta a tierra).

El juego de barras.

La conexión de cables MT que contiene el seccionador de puesta a tierra, los transformadores de intensidad y los transformadores de tensión (opcionales).

La cabina F400 está disponible en 2 versiones:

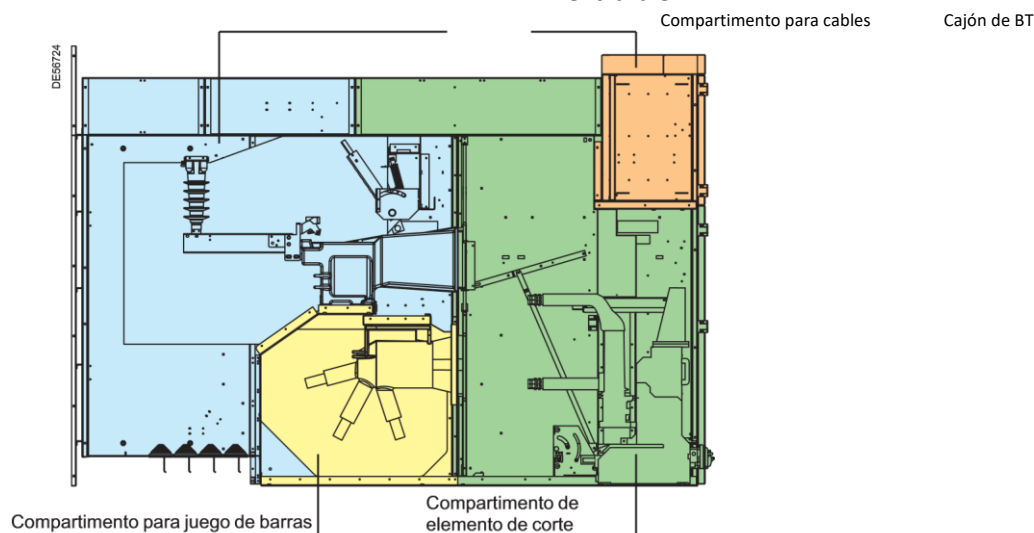
Una versión estándar.

Una versión preparada para arcos internos con clasificación IAC-AFLR.

Los elementos auxiliares de baja tensión y la unidad de monitorización se encuentran en un cajón de baja tensión independiente de la parte de media tensión. Se ofrecen ocho unidades funcionales básicas:

- |                                                   |                  |
|---------------------------------------------------|------------------|
| ● Llegadas y salidas de línea                     | <b>AD6</b>       |
| ● Salidas con fusibles                            | <b>FD6</b>       |
| ● Llegadas directas                               | <b>RD6</b>       |
| ● Llegadas de línea directas                      | <b>AL6</b>       |
| ● Acoplamiento. Seccionamiento de barras. Remonte | <b>CL6 - GL6</b> |
| ● Medida (con puesta a tierra)                    | <b>TT6</b>       |
| ● Medida (con fusibles)                           | <b>PT6</b>       |
| ● Medida de tensión e intensidad                  | <b>BM6</b>       |

Los armarios AD y CL incluyen aparamenta extraíble.



Cabina F400 con formación de arcos internos IAC-AFLR.

## Sistema de protección, monitorización y control

El sistema incluye el equipo siguiente:

Unidad de protección, monitorización y control Sepam.

Transformadores de intensidad, que pueden ser de 3 tipos:

Transformadores de intensidad convencionales.

Transformadores de intensidad de formato DIN.

Transformadores de intensidad de tipo toroidal de baja tensión. ● Transformadores de tensión:

Transformadores de tensión extraíbles protegidos con fusibles.

# Gama F400

Transformadores de tensión fijos.

Toroidales homopolares de tipo CSH.

Parte móvil o extraíble

La parte móvil incluye:

El interruptor automático, la unidad de puesta a tierra con su mecanismo de cierre y apertura, o la unidad de seccionamiento.

La manivela de inserción/extracción del carro, enclavamientos para fijar la parte extraíble o móvil con la parte fija en posición de servicio o seccionada.

PE  
56  
89  
6



## IEC 62271-1.

Para unidades funcionales equipadas con interruptores automáticos, la capacidad de corte equivale a la intensidad de corta duración admisible. En todos los casos, el poder de cierre máximo del dispositivo en kA equivale a 2,5 veces la intensidad de corta duración admisible y 2,6 veces en 60 Hz.

Para versión F400 con transformadores de intensidad funcional.

Sólo para 50 Hz en SF1.

Posible Ud 95 kV 50 Hz 1 min.

M  
T2  
00  
72



Condiciones de explotación

Condiciones de servicio

Condiciones normales de servicio según

IEC 62271-1 para equipos de interior

**Temperatura ambiente:**

Inferior o igual a 40 °C.

Inferior o igual a 35 °C en promedio en 24 horas.

Superior o igual a -5 °C.

**Altitud:**

Inferior o igual a 1.000 m.

Por encima de 1.000 m, se aplicará un coeficiente de decalaje (consultar).

**Entorno:**

Poco o ningún polvo, humo, sal, gas corrosivo o inflamable y vapor (aire industrial limpio).

**Humedad:**

## Características técnicas

### Características técnicas de la gama F400

Los valores siguientes se indican para condiciones de funcionamiento normales como se define en IEC 62271-200 e

#### Tensión nominal

|         |    |                     |
|---------|----|---------------------|
| Ur (kV) | 36 | 40,5 <sup>(2)</sup> |
|---------|----|---------------------|

#### Frecuencia

|         |       |       |
|---------|-------|-------|
| fr (Hz) | 50/60 | 50/60 |
|---------|-------|-------|

#### Nivel de aislamiento

|                                                                         |                 |     |                |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----|----------------|
| Tensión nominal de resistencia a frecuencia industrial 1 min            | Ud (kV) 50 Hz - | 70  | <sup>(4)</sup> |
| Tensión de resistencia a impulsos tipo rayos (onda de choque) 1,2/50 µs | Up (kV pico)    | 170 | 185            |

#### Intensidad nominal y máxima intensidad de corta duración admisible

##### Unidad funcional con interruptor automático <sup>(1)</sup>

|                                        |                |                |                |       |
|----------------------------------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| Intensidad de corta duración admisible | Ith máx.       | Ik/tk (kA 3 s) | <sup>(3)</sup> | 25    |
|                                        |                |                |                | 31,5  |
|                                        |                |                |                | 40    |
| Intensidad nominal                     | In máx. barras | Ir (A)         | 1.250          | 1.250 |
|                                        |                |                | 2.500          | —     |
| In AUT                                 | Ir (A)         |                | 1.250          | 1.250 |
|                                        |                |                | 2.500          | —     |

##### Unidad funcional con fusibles (cabina FD6)

|                    |               |    |   |
|--------------------|---------------|----|---|
| Intensidad nominal | In máx. y (A) | 20 | — |
|--------------------|---------------|----|---|

#### Resistencia al arco interno

|             |      |      |
|-------------|------|------|
| (kA/1 s)    | 25   | 25   |
| (kA/0,5 s)  | 31,5 | 31,5 |
| (kA/0,15 s) | 40   | —    |

#### Índice de protección

|             |      |      |
|-------------|------|------|
| Envolverte  | IP3X | IP3X |
| Cajón de BT | IP4X | IP4X |

# Gama F400

Humedad relativa media en 24 horas y 95%.

Humedad relativa media en 1 mes y 90%.

Presión de vapor media en 24 horas y 2,2 kPa. • Presión de vapor media en 1 mes y 1,8 kPa.

Condiciones específicas de servicio (consultar)

La F400 se ha desarrollado para cumplir las siguientes condiciones específicas:

- Temperatura (posible decalaje).
- Altitudes (posible decalaje).

Condiciones de almacenamiento

A efectos de mantener todas las cualidades de una unidad funcional durante el almacenamiento prolongado recomendamos conservar el equipo en su embalaje original, en un lugar seco protegido del sol y la lluvia y a una temperatura entre  $-25^{\circ}\text{C}$  y  $+55^{\circ}\text{C}$ .

Normas

La gama F400 cumple las siguientes normas internacionales IEC:

**IEC 62271-1:** cláusulas comunes para equipos de alta tensión.

**IEC 62271-200:** equipos en envolvente metálica de CA para tensiones nominales entre 1 y 52 kV.

**IEC 62271-100:** interruptores automáticos de CA de alta tensión.

**IEC 60282-2:** fusibles de alta tensión.

**IEC 62271-102:** seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de CA.

**IEC 60255:** relés de medida y dispositivos de protección.

**IEC 60044-1:** transformadores de intensidad.

**IEC 60044-2:** transformadores de tensión.

**IEC 60044-8:** transformadores de intensidad electrónicos (LPCT).

## Certificación GOST

La cabina F400 cumple con la certificación.

Protección de las personas

El anexo A de IEC 62271-200 define el “método para comprobar la aptitud en envolvente metálica en condiciones de formación de arco debido a un fallo interno”.

La cabina F400 cumple esta norma y ha superado con éxito todas las pruebas de tipo especificadas por dicha norma.

Por lo tanto, la cabina F400 se ha diseñado para proporcionar el mayor grado posible de protección para operarios en las inmediaciones del equipo en caso de un fallo interno.

Formación de arcos internos de la F400 (de conformidad con IEC 62271-200)

La protección contra arcos internos de la F400 es de tipo AFLR (los cuatro lados del armario están protegidos) con el fin de proteger a los operarios cuando están detrás del armario.

La cabina F400 debe instalarse en una sala con una altura mínima de 4 m. La F400 se ha diseñado para eliminar los efectos de la formación de arcos internos con seguridad mediante estos procedimientos:

La colocación de tapas de metal en la parte superior del armario para limitar la sobrepresión en los compartimentos en caso de fallo interno.

La utilización de materiales no inflamables para la cabina:

La F400 puede equiparse con un sistema opcional para detectar arcos internos y desconectar la fuente de alimentación para limitar la duración de la intensidad de fallo a menos de 140 ms.

Operaciones con las cabinas

Las cabinas se instalan, manejan y mantienen desde el panel frontal.

Algunas operaciones de instalación y mantenimiento se realizan por la parte posterior del armario:

Instalación de cables de media tensión.

Operaciones con los transformadores de tensión (TT).

Dispositivos de control mecánico fiables

Las cabinas se manejan desde el panel frontal.

El operario se guía a través de pictogramas en cada panel frontal, lo que facilita enormemente la comprensión de la secuencia de maniobras y el estado de los dispositivos.

Los enclavamientos y candados evitan errores por parte de los operarios.

El operario está protegido por varios niveles de seguridad adicionales:

El insertado o la extracción sólo se permite con la puerta cerrada.

La serie completa de enclavamientos mecánicos y eléctricos evita los errores de los operarios. Es posible añadir

# Gama F400

cerraduras o candados en función de los procedimientos específicos de explotación.

Cada selector puede equiparse con uno a tres candados.

Todas las maniobras se realizan desde el panel frontal.

El indicador de presencia de tensión se encuentra en el panel frontal de la unidad funcional, en las inmediaciones del control del seccionador de puesta a tierra.



## Opciones

Desarme del interruptor automático durante la extracción.

Esta función permite desarmar los muelles de control del interruptor automático durante el proceso de extracción.

Inhibición de la inserción. Esta función impide introducir la parte extraíble en el caso que el panel frontal de la cabina (compartimento cables) no esté instalado.

## Elección de las unidades funcionales

La gama F400 comprende **11 aplicaciones funcionales**.

La tabla siguiente puede utilizarse para determinar los requisitos de las unidades funcionales y proporciona información sobre la composición general de cada unidad.

### Selección

Usted desea alimentar un transformador.

Ha seleccionado una **llegada de transformador**.

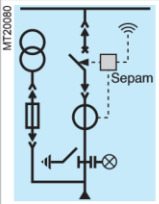
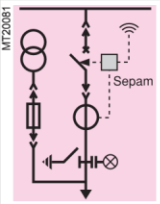
# Gama F400

Por lo tanto, la **unidad funcional** correspondiente será una **TF-B**, con una **cabina tipo AD** equipada con **interruptor automático extraíble** y un **Sepam de aplicación a transformadores**.

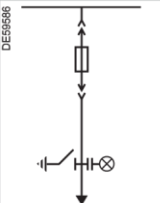
(1) La línea de entrada directa (unidad funcional sin interruptor automático, equipada con un puente de embarrado fi jo) se habilita con una cabina tipo RD6 (la misma que la AD6 sin automático) o AL6 (sólo conexión cables).

## Elección de las unidades funcionales (continuación)

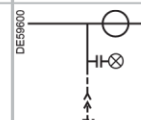
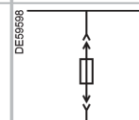
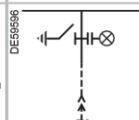
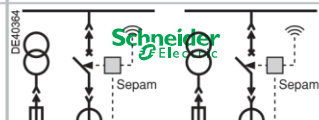
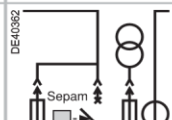
| Función                                | Llegada <sup>(1)</sup> |                        |                        | Salida                 |                        |
|----------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                                        | Línea                  | Transformador          | Generador              | Línea                  | Transformador          |
| Unidad funcional                       | LI-B                   | TI-B                   | GI-B                   | LF-B                   | TF-B                   |
| Cabina                                 | AD6                    | AD6                    | AD6                    | AD6                    | AD6                    |
| Elemento de corte                      | Interruptor automático | Interruptor automático | Interruptor automático | Interruptor automático | Interruptor automático |
| Relés de protección Sepam Aplicaciones | Subestación            | Transformador          | Generador              | Subestación            | Transformador          |

|                     |                                                                                     |  |  |                                                                                      |  |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Unifilar de la F400 |  |  |  |  |  |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------|--|

|                                        |  |  |  |             |               |
|----------------------------------------|--|--|--|-------------|---------------|
| Cabina                                 |  |  |  | FD6         | FD6           |
| Elemento de corte                      |  |  |  | Fusible     | Fusible       |
| Relés de protección Sepam Aplicaciones |  |  |  | Subestación | Transformador |

|                     |  |  |  |                                                                                      |  |
|---------------------|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Unifilar de la F400 |  |  |  |  |  |
|---------------------|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------|--|

|  |                        |                        | Acoplamiento           |                        | Medida y/o puesta a tierra juego de barras |                    |                 |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------------------|--------------------|-----------------|
|  | Motor                  | Condensador            | Cuadro de distribución | Subestación            |                                            |                    |                 |
|  | MF-B                   | CB-B                   | BS-B                   | SS-B                   | BB-V                                       | BB-V               | BB-CV           |
|  | AD6                    | AD6                    | CL6 y GL6              | AD6                    | TT6 (con puesta a tierra)                  | PT6 (con fusibles) | BM6             |
|  | Interruptor automático | Interruptor automático | Interruptor automático | Interruptor automático |                                            |                    |                 |
|  | Motor                  | Condensador            | Juego de barras        | Subestación            | Juego de barras                            | Juego de barras    | Juego de barras |

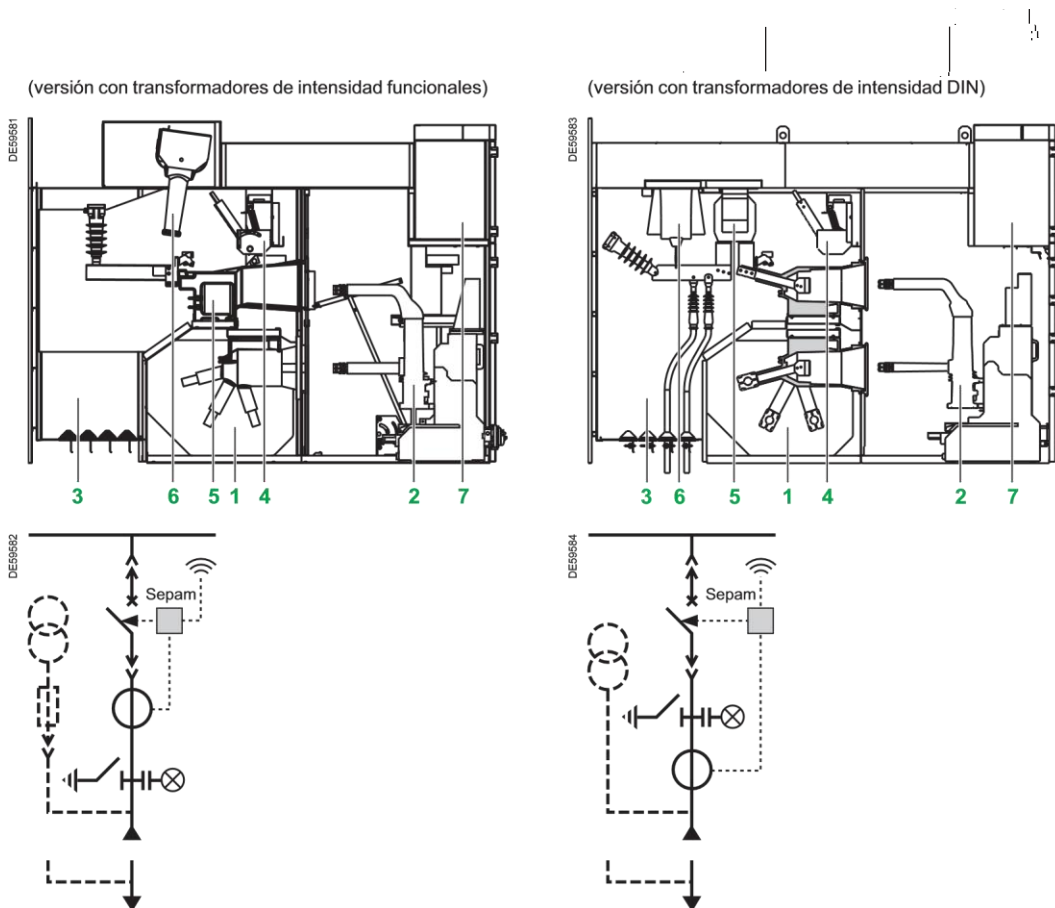


# Descripción de la cabina

AD6

Llegadas y salidas de línea

AD6 tipo 1      AD6 tipo 2



Componentes de MT

Juego de barras para la interconexión de cabinas.

Parte extraíble (interruptor automático SF6).

Conexiones de MT mediante cables, accesible por la parte posterior.

Seccionador de puesta a tierra.

Transformadores de intensidad.

Transformadores de tensión (fijos o extraíbles, con fusibles).

Cajón de BT

**7** Los sistemas auxiliares de baja tensión para protección, supervisión y control están en un cajón separado de la parte de media tensión.

# Descripción de la cabina

## Características

|                                                |                      | AD6 tipo 1                   |                                      | AD6 tipo 2                   |
|------------------------------------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| Tensión nominal                                | kV                   | 36                           | 40,5                                 | 36                           |
| Nivel de aislamiento nominal                   | kV 50 Hz - 1 min     | 70                           | 85 <sup>(1)</sup>                    | 70                           |
|                                                | kV impulso 1,2/50 µs | 170                          | 185                                  | 170                          |
| Intensidad nominal                             | A                    | 630                          | •                                    | •                            |
|                                                |                      | 1.250                        | •                                    | •                            |
|                                                |                      | 2.500                        | •                                    | •                            |
| Poder de corte                                 | kA                   | 25 / 31,5 / 40               | 25 / 31,5                            | 25                           |
| Intensidad nominal admisible de corta duración | kA 3 s               | 25 / 31,5 / 40               | 25 / 31,5                            | 25                           |
| Dimensiones                                    | mm                   | Anchura                      | 900 / 1.100                          | 1.100                        |
|                                                |                      | Altura                       | 2.255 <sup>(1)</sup> / 2.335         | 2.255 <sup>(1)</sup>         |
|                                                |                      | Profundidad                  | 2.670 / 3.020 / 3.220 <sup>(3)</sup> | 3.020 / 3.220 <sup>(3)</sup> |
|                                                |                      | Profundidad con arco interno | 3.074 / 3.274 <sup>(3)</sup>         | 3.074                        |
| Peso aproximado <sup>(2)</sup>                 | kg                   | 1.467/1.929                  | 1.929                                | 1.467/1.929                  |

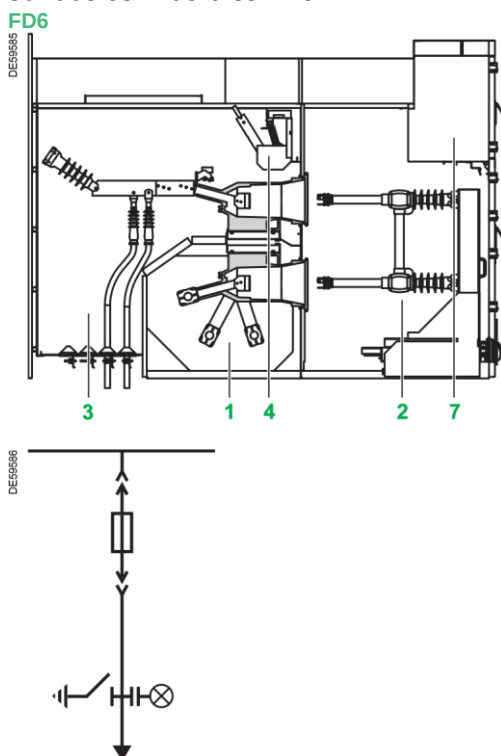
(1) Sin transformadores de tensión.

(2) Cabina totalmente equipada.

Con transformadores de intensidad DIN.

Ud 95 kV 50 Hz 1 min posible.

## Salidas con fusibles FD6



## Componentes de MT

Juego de barras para la interconexión de cabinas.

Parte extraíble (carro de fusibles de MT).

Conexiones de MT mediante cables, accesible por la parte posterior.

Seccionador de puesta a tierra.

Cajón de BT

# Descripción de la cabina

7 Los sistemas auxiliares de baja tensión para protección, supervisión y control están en un cajón separado de la parte de media tensión.

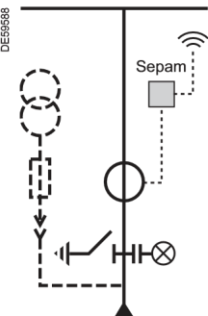
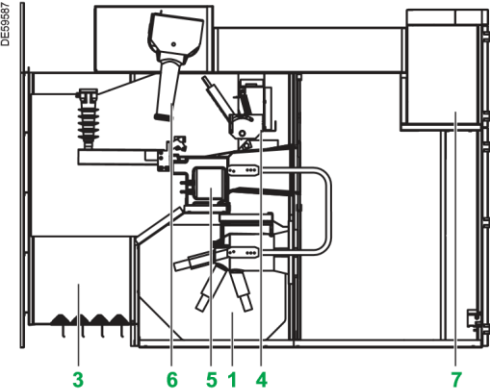
| Características                |                      |                              | ED    |
|--------------------------------|----------------------|------------------------------|-------|
| Tensión nominal                | kV                   |                              | 36    |
| Nivel de aislamiento nominal   | kV 50 Hz - 1 min     |                              | 70    |
|                                | kV impulso 1,2/50 μs |                              | 170   |
| Intensidad nominal             | A                    |                              | 20    |
| Poder de corte                 | kA                   |                              | 20    |
| Dimensiones                    | mm                   | Anchura                      | 900   |
|                                |                      | Altura                       | 2.335 |
|                                |                      | Profundidad con arco interno | 3.074 |
| Peso aproximado <sup>(1)</sup> | kg                   |                              | 1.045 |

(1) Cabina totalmente equipada.

RD6

Llegadas directas

RD6



Componentes de MT

- 1 Juego de barras para la interconexión de cabinas.
- Conexiones de MT mediante cables, accesible por la parte posterior.
- Seccionador de puesta a tierra.
- Transformadores de intensidad.
- Transformadores de tensión (fijos o extraíbles, con fusibles).

Cajón de BT

7 Los sistemas auxiliares de baja tensión para protección, supervisión y control están en un cajón separado de la parte de media tensión.

# Descripción de la cabina

| Características                                |                      |                              |                                                   |                   |
|------------------------------------------------|----------------------|------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------|
|                                                |                      |                              | RD                                                |                   |
| Tensión nominal                                | kV                   |                              | 36                                                | 40,5              |
| Nivel de aislamiento nominal                   | kV 50 Hz - 1 min     |                              | 70                                                | 85 <sup>(3)</sup> |
|                                                | kV impulso 1,2/50 µs |                              | 170                                               | 185               |
| Intensidad nominal                             | A                    | 630                          | •                                                 | •                 |
|                                                |                      | 1.250                        | •                                                 | •                 |
|                                                |                      | 2.500                        | •                                                 |                   |
| Intensidad nominal admisible de corta duración | kA 3 s               |                              | 25 / 31,5 / 40                                    | 25 / 31,5         |
| Dimensiones                                    | mm                   | Anchura                      | 900 / 1.100                                       | 1.100             |
|                                                |                      | Altura                       | 2.255 <sup>(1)</sup> / 2.335                      |                   |
|                                                |                      | Profundidad                  | 2.670 / 3.020 / 3.220                             |                   |
|                                                |                      | Profundidad con arco interno | 3.074 + 200 con transformadores de intensidad DIN |                   |
| Peso aproximado <sup>(2)</sup>                 | kg                   |                              | 1.467/1.929                                       | 1.929             |

(1) Sin transformadores de tensión.

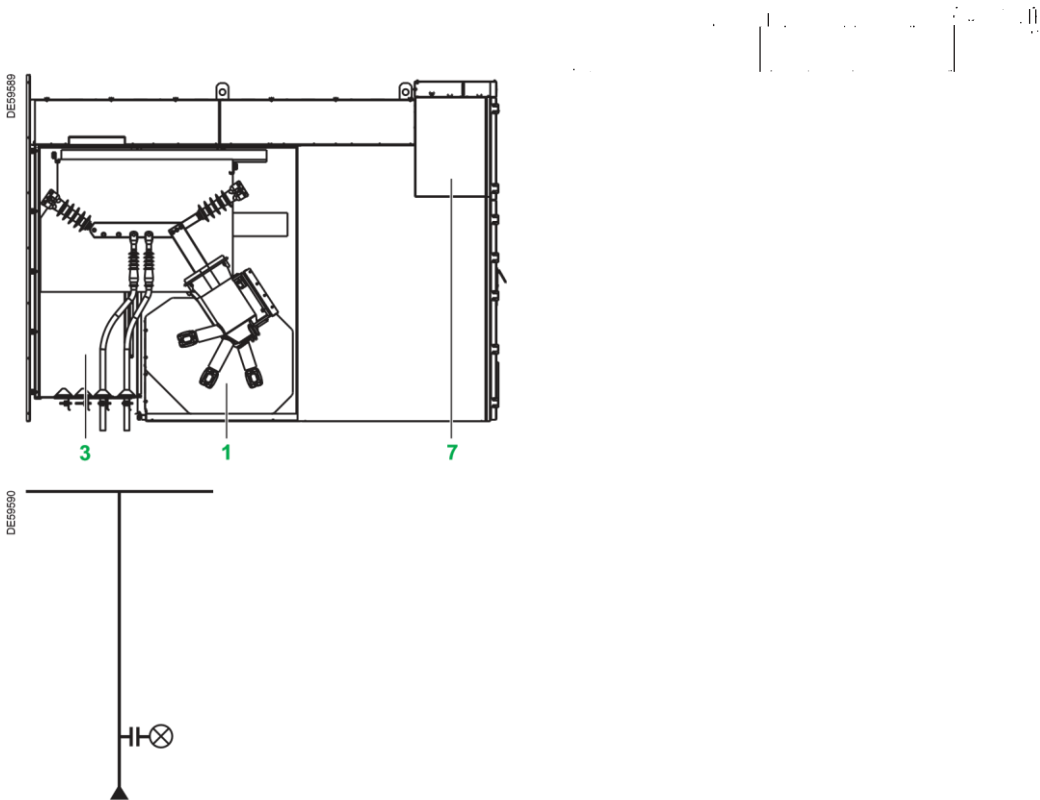
(2) Cabina totalmente equipada.

(3) Ud 95 kV 50 Hz 1 min posible.

AL6

Llegadas de línea directa

AL6



Componentes de MT

- 1 Juego de barras para la interconexión de cabinas.
- 3 Conexiones de MT mediante cables, accesible por la parte posterior.

Cajón de BT

7 Los sistemas auxiliares de baja tensión para protección, supervisión y control están en un cajón separado de la parte de media tensión.

| Características                                |                      |                              | ΔI    |       |
|------------------------------------------------|----------------------|------------------------------|-------|-------|
| Tensión nominal                                | kV                   |                              | 36    |       |
| Nivel de aislamiento nominal                   | kV 50 Hz - 1 min     |                              | 70    |       |
|                                                | kV impulso 1,2/50 μs |                              | 170   |       |
| Intensidad nominal                             | A                    |                              | 630   |       |
|                                                |                      |                              | 1.250 |       |
|                                                |                      |                              |       | 2.500 |
| Intensidad nominal admisible de corta duración | kA 3 s               |                              | 25    | 31,5  |
|                                                |                      |                              |       |       |
| Dimensiones                                    | mm                   | Anchura                      | 900   | 1.100 |
|                                                |                      | Altura                       | 2.335 | 2.335 |
|                                                |                      | Profundidad con arco interno | 3.074 | 3.074 |
| Peso aproximado <sup>(1)</sup>                 | kg                   |                              | 660   | 740   |

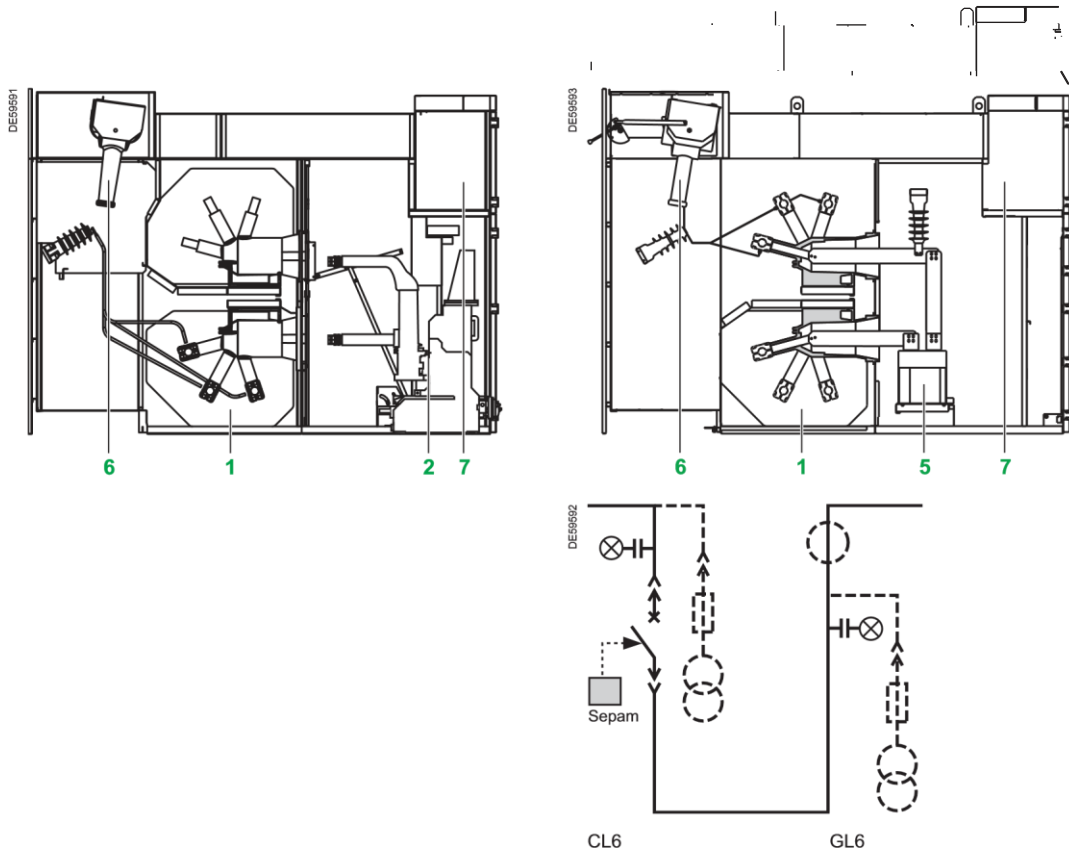
(1) Cabina totalmente equipada.

CL6 - GL6

Acoplamiento. Seccionamiento de barras. Remonte

# Descripción de la cabina

CL6 GL6



Componentes de MT

Juego de barras para la interconexión de cabinas.

Parte extraíble (interruptor automático SF6).

Transformadores de intensidad.

Transformadores de tensión (fijos o extraíbles, con fusibles).

Cajón de BT

**7** Los sistemas auxiliares de baja tensión para protección, supervisión y control están en un cajón separado de la parte de media tensión.

# Descripción de la cabina



| Características                                 |                      |                              |                                                   |                   |       |                   |
|-------------------------------------------------|----------------------|------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------|-------|-------------------|
|                                                 |                      |                              | CL6                                               |                   | GL6   |                   |
| Tensión nominal                                 | kV                   |                              | 36                                                | 40,5              | 36    | 40,5              |
| Nivel de aislamiento nominal                    | kV 50 Hz - 1 min     |                              | 70                                                | 85 <sup>(3)</sup> | 70    | 85 <sup>(3)</sup> |
|                                                 | kV impulso 1,2/50 µs |                              | 170                                               | 185               | 170   | 185               |
| Intensidad nominal                              | A                    | 630                          | ●                                                 | ●                 | ●     | ●                 |
|                                                 |                      | 1.250                        | ●                                                 | ●                 | ●     | ●                 |
|                                                 |                      | 2.500                        | ●                                                 |                   | ●     |                   |
| Poder de corte                                  | kA                   |                              | 25 / 31,5 / 40                                    | 25 / 31,5         | —     |                   |
| Intensidad de resistencia nominal a corto plazo | kA 3 s               |                              | 25 / 31,5 / 40                                    | 25 / 31,5         | —     |                   |
| Dimensiones                                     | mm                   | Anchura                      | 900 / 1.100                                       | 1.100             | 1.100 |                   |
|                                                 |                      | Altura                       | 2.255 <sup>(1)</sup> / 2.335                      |                   |       |                   |
|                                                 |                      | Profundidad                  | 3.020                                             |                   |       |                   |
|                                                 |                      | Profundidad con arco interno | 3.074 + 200 con transformadores de intensidad DIN |                   |       |                   |
| Peso aproximado <sup>(2)</sup>                  | kg                   |                              | 1.312 / 1.462                                     | 1.462             | 1.119 |                   |

(1) Sin transformadores de tensión.

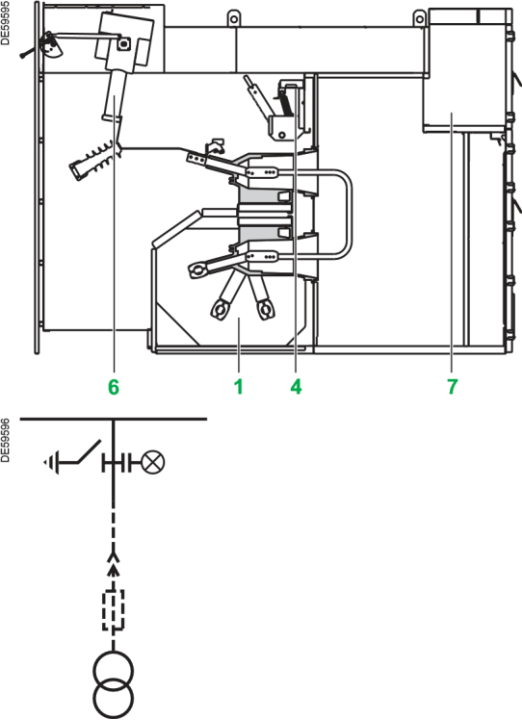
(2) Cabina totalmente equipada.

(3) Ud 95 kV 50 Hz 1 min posible.

## TT6

### Medida (con puesta a tierra)

#### TT6



#### Componentes de MT

- 1 Juego de barras para la interconexión de cabinas.

# Descripción de la cabina

- 4 Seccionador de puesta a tierra.
- 6 Transformadores de tensión (fijos o extraíbles, con fusibles).

Cajón de BT

- 7 Los sistemas auxiliares de baja tensión para protección, supervisión y control están en un cajón separado de la parte de media tensión.



## Características

|                                                |                      |                              | MT                                                |                   |
|------------------------------------------------|----------------------|------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------|
| Tensión nominal                                | kV                   |                              | 36                                                | 40,5              |
| Nivel de aislamiento nominal                   | kV 50 Hz - 1 min     |                              | 70                                                | 85 <sup>(3)</sup> |
|                                                | kV impulso 1,2/50 µs |                              | 170                                               | 185               |
| Intensidad del embarrado                       | A                    | 630                          | •                                                 | •                 |
|                                                |                      | 1.250                        | •                                                 | •                 |
|                                                |                      | 2.500                        | •                                                 |                   |
|                                                |                      |                              |                                                   |                   |
| Intensidad nominal admisible de corta duración | kA 3 s               |                              | 25 / 31,5 / 40                                    |                   |
| Dimensiones                                    | mm                   | Anchura                      | 900                                               | 1.100             |
|                                                |                      | Altura                       | 2.255 <sup>(1)</sup> / 2.335                      |                   |
|                                                |                      | Profundidad                  | 3.020                                             |                   |
|                                                |                      | Profundidad con arco interno | 3.074 + 200 con transformadores de intensidad DIN |                   |
| Peso aproximado <sup>(2)</sup>                 | kg                   |                              | 1.125                                             | 1.255             |

(1) Sin transformadores de tensión.

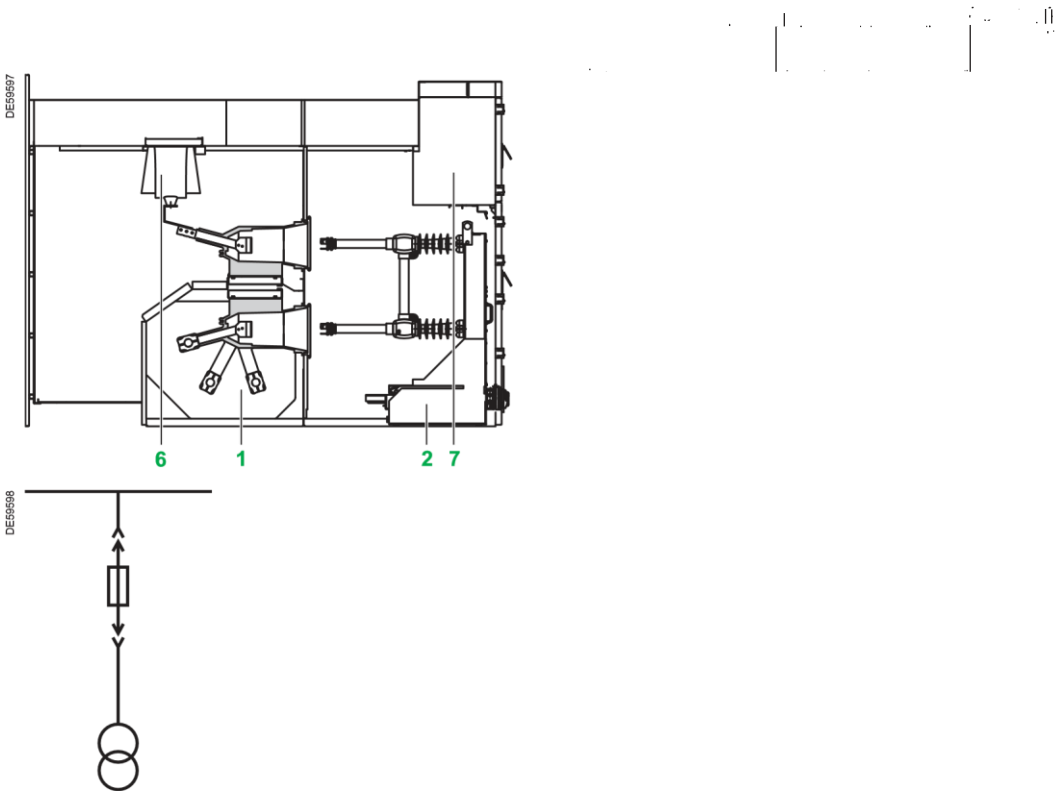
(2) Cabina totalmente equipada.

(3) Ud 95 kV 50 Hz 1 min posible.

PT6

Medida (con fusibles)

PT6



Componentes de MT

Juego de barras para la interconexión de cabinas.  
Parte extraíble (carro de fusibles de MT). **6** Transformadores de tensión (fijos).  
Cajón de BT

**7** Los sistemas auxiliares de baja tensión para protección, supervisión y control están en un cajón separado de la parte de media tensión.

| Características                                |                      |                              | PT             |
|------------------------------------------------|----------------------|------------------------------|----------------|
| Tensión nominal                                | kV                   |                              | 36             |
| Nivel de aislamiento nominal                   | kV 50 Hz - 1 min     |                              | 70             |
|                                                | kV impulso 1,2/50 μs |                              | 170            |
| Intensidad del embarrado                       | A                    | 630                          | •              |
|                                                |                      | 1.250                        | •              |
|                                                |                      | 2.500                        | •              |
| Intensidad nominal admisible de corta duración | kA 3 s               |                              | 25 / 31,5 / 40 |
| Dimensiones                                    | mm                   | Anchura                      | 900            |
|                                                |                      | Altura                       | 2.335          |
|                                                |                      | Profundidad con arco interno | 3.074          |
| Peso aproximado <sup>(1)</sup>                 | kg                   |                              | 945            |

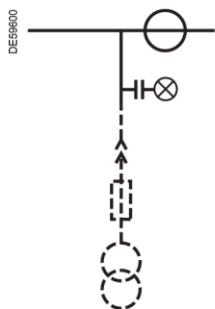
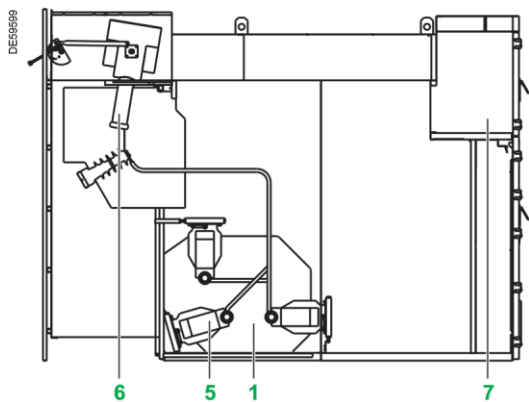
(1) Cabina totalmente equipada.

BM6

Medida de tensión e intensidad

BM6

# Descripción de la cabina



## Componentes de MT

**1** Juego de barras para la interconexión de cabinas.

Transformadores de intensidad.

Transformadores de tensión (extraíbles, con fusibles).

Cajón de BT

**7** Los sistemas auxiliares de baja tensión para protección, supervisión y control están en un cajón separado de la parte de media tensión.

## Características

|                                                |                           |                              | RM    |       |
|------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------|-------|-------|
| Tensión nominal                                | kV                        |                              | 36    |       |
| Nivel de aislamiento nominal                   | kV 50 Hz - 1 min          |                              | 70    |       |
|                                                | kV impulso 1,2/50 $\mu$ s |                              | 170   |       |
| Intensidad nominal                             | A                         |                              | 630   |       |
|                                                |                           |                              | 1.250 |       |
|                                                |                           |                              |       | 2.500 |
| Intensidad nominal admisible de corta duración | kA 3 s                    |                              | 25    | 31,5  |
| Dimensiones                                    | mm                        | Anchura                      | 1.100 | 1.100 |
|                                                |                           | Altura                       | 2.335 | 2.335 |
|                                                |                           | Profundidad                  | 3.020 | 3.020 |
|                                                |                           | Profundidad con arco interno | 3.074 |       |
| Peso aproximado <sup>(1)</sup>                 | kg                        |                              | 920   | 980   |

**(1)** Cabina totalmente equipada.

# Protección, monitorización y control

Sistema de protección gama Sepam

# Descripción de la cabina

Cada unidad funcional F400 cuenta con un

Compartimento para cables

Cajón de BT

protección, monitorización y control que se

Transformadores de medida y/o protección para medir los valores eléctricos necesarios (intensidad de fase, intensidad residual, tensiones, etc.). • Relés de protección, con funciones adecuadas para la parte de la red o equipos a proteger. • Equipos de medida, para proporcionar información a los operarios.

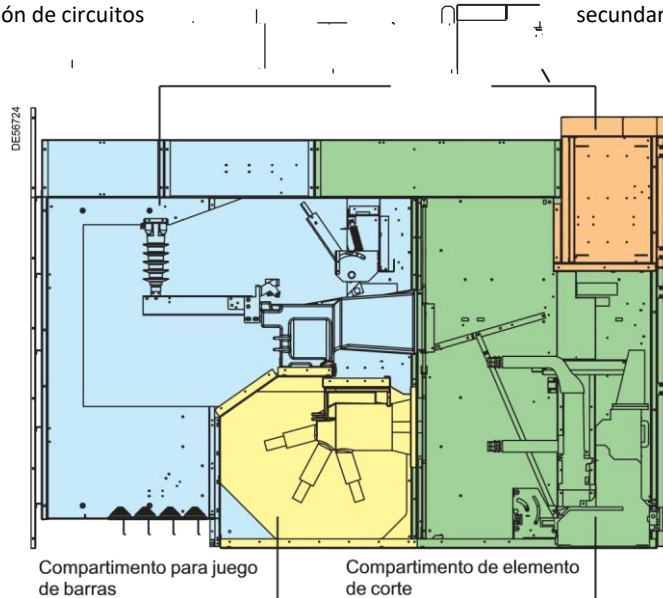
Relés de baja tensión para controlar, entre otras cosas, el dispositivo de corte (interruptor automático) de la parte extraíble.

Varios dispositivos auxiliares: unidades de comprobación de circuitos

secundarios, etc.

Sepam: relés de protección digital

**Sepam** es una gama de relés de digital claves para el sistema de



protección  
protección,  
monitorizaci  
ón y control  
de la unidad  
funcional  
F400:  
**Sepam**  
realiza todas  
las  
funciones  
necesarias  
de  
protección,

medición, control, monitorización e indicación.

Al igual que la gama **F400**, la gama de relés **Sepam** se ha diseñado para ofrecer la solución óptima para cada aplicación, e incluye:

Sepam S, para la protección de llegadas y salidas de línea en subestaciones.

Sepam B, para la protección de embarrados.

Sepam T, para la protección de transformadores.

Sepam M, para la protección de motores.

Sepam G, para la protección de generadores.

Sepam C, para la protección de condensadores.

La gama **Sepam** consta de:

**Sepam serie 20, serie 40, serie 60 y serie 80**, una gama de relés de protección modulares para satisfacer sus necesidades específicas.

Ventajas de Sepam

Fiabilidad

Más de 30 años de experiencia en relés digitales multifunción para la protección de redes eléctricas de media tensión.

Experiencia acumulada con más de 600.000 relés de protección Sepam en uso en más de 90 países.

Calidad

• Calidad del diseño basada en objetivos de fiabilidad y un análisis exhaustivo de los condicionantes ambientales: temperatura, contaminación, resistencia dieléctrica, etc. • Calidad de fabricación basada en acuerdos de adquisición con proveedores y control de calidad en todas las etapas de las fases de fabricación.

Todos los componentes electrónicos y tarjetas equipados en las series Sepam 20, 40, 60 y 80 han sido recubiertos conforme a las necesidades de las aplicaciones industriales. Este proceso de fabricación hace de Sepam un producto adecuado para su uso en los entornos industriales más exigentes incluyendo plataformas petrolíferas y plantas químicas (IEC 60068-2-60 y EIA 364-65A IIIA).

Facilidad de uso

## Descripción de la cabina

Funcionamiento local facilitado por la interfaz hombre-máquina (HMI) ergonómica que proporciona a los usuarios información clara y completa en su propio idioma.

Facilidad de ajuste gracias al software de configuración flexible de fácil uso.

Funciones predefinidas implementadas mediante un ajuste simple de parámetros.

### Instalación sencilla

Todas las unidades Sepam utilizan módulos remotos  muy fáciles de instalar.

Uso intuitivo

Pantalla gráfica LCD que muestra con claridad toda la información necesaria para el funcionamiento en modo local y el diagnóstico de la instalación.

Permite la selección del idioma de trabajo para una mejor comprensión de todos los usuarios.

## Descripción de la cabina

# → Flusarc 36

Distribución Media Tensión

Gama de celdas aislamiento integral SF<sub>6</sub> en 36 kV

# Descripción de la cabina



## Datos técnicos comunes en todo los modelos de celdas

|                                       |                                                            |                          |     |           |                                                        |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------|-----|-----------|--------------------------------------------------------|
| Tensión nominal                       |                                                            |                          | Ur  | (kV rms)  | 36                                                     |
| Nivel de aislamiento nominal          | Tensión soportada a frecuencia industrial (50/60 Hz 1 min) | Aislamiento              | Ud  | (kV rms)  | 70                                                     |
|                                       |                                                            | Seccionamiento           | Ud  | (kV rms)  | 80                                                     |
|                                       | Tensión soportada a los impulsos tipo rayo                 | Aislamiento              | Up  | (kV pico) | 170                                                    |
|                                       |                                                            | Seccionamiento           | Up  | (kV pico) | 195                                                    |
| Frecuencia nominal                    |                                                            |                          | f   | (Hz)      | 50 (para 60 Hz, por favor consúltenos)                 |
| Intensidad nominal                    | Interruptor                                                |                          | Ir  | (A rms)   | hasta 630                                              |
|                                       | Embarrado                                                  |                          |     | (A rms)   | hasta 630 (gama compacta)<br>hasta 1250 (gama modular) |
| Corriente de corta duración admisible | Circuito principal y circuito de tierra                    | for tk = 1 s             | Ik  | (kA rms)  | 16 / 20 / 25                                           |
|                                       |                                                            | for tk = 3 s             | Ik  | (kA rms)  | 20                                                     |
| Corriente de pico                     |                                                            |                          | Ip  | (kA pico) | 40 / 50 / 62,5                                         |
| Clasificación arco interno            |                                                            | IAC for 1 s              | IAC | (kA)      | 20/25 AFLR (conforme IEC 62271-200)                    |
| Continuidad de servicio               |                                                            |                          | LSC |           | LSC 2A (conforme IEC 62271-200)                        |
| Presión de llenado                    | Nivel de llenado nominal                                   | presión absoluta a 20 °C | Pre | (kPa)     | 130                                                    |
|                                       | Nivel mínimo de funcionamiento                             | presión absoluta a 20 °C | Pme | (kPa)     | 120                                                    |
| Temperatura                           | Temperatura ambiente                                       | mín. / máx.              | T   | (°C)      | - 25 /+ 40 (conforme IEC 62271-1)                      |
|                                       |                                                            | 24 h media (máx.)        | T   | (°C)      | 35 (conforme IEC 62271-1)                              |
| Inmersión temporal                    |                                                            | Durante 1 minuto         |     | (kV)      | 70                                                     |
|                                       |                                                            | Durante 24 horas         |     | (kV)      | en Ur                                                  |

## Datos técnicos función interruptor (L) conforme a IEC 62271-1 e IEC 62271-103

|                                          |                                                              |                                                          |     |           |                            |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----|-----------|----------------------------|
| Intensidad nominal                       |                                                              |                                                          | Ir  | (A rms)   | hasta 630                  |
| Capacidad de corte nominal               | Carga activa (a cos φ 0,7)                                   |                                                          | I1  | (A rms)   | 630                        |
|                                          | Bucle cerrado (a 0,3 Un)                                     |                                                          | I2a | (A rms)   | 630                        |
|                                          | Transformador en vacío                                       |                                                          | I3a | (A rms)   | 25                         |
|                                          | Cables en vacío                                              |                                                          | I4a | (A rms)   | 25                         |
|                                          | Líneas en vacío                                              |                                                          | I4b | (A rms)   | 10                         |
| Poder de cierre nominal en cortocircuito |                                                              | Interruptor seccionador y seccionador de puesta a tierra | Ima | (kA pico) | 40 / 50 / 62,5             |
| Endurancia eléctrica y mecánica          | Número de operaciones eléctricas del interruptor seccionador |                                                          | n   | (número)  | 100 CO operaciones a 630 A |
|                                          | Número de operaciones mecánicas del interruptor seccionador  |                                                          | n   | (número)  | 5000 (M2)                  |

## Datos técnicos función interruptor ruptofusible (P) conforme a IEC 62271-105

|                                          |                                                             |                                                          |           |           |                            |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------|-----------|----------------------------|
| Intensidad nominal                       |                                                             |                                                          | Ir        | (A rms)   | hasta 630                  |
| Intensidad de transición                 |                                                             |                                                          | Itransfer | (A rms)   | 800                        |
| Poder de cierre nominal en cortocircuito |                                                             | Interruptor seccionador y seccionador de puesta a tierra | Ima       | (kA pico) | 40 / 50 / 62,5             |
| Endurancia eléctrica y mecánica          | Número de operaciones eléctricas                            |                                                          | n         | (número)  | 100 CO operaciones a 630 A |
|                                          | Número de operaciones mecánicas del interruptor seccionador |                                                          | n         | (número)  | 1000 (M1)                  |

## Datos técnicos función interruptor automático (D) conforme a IEC 62271-100

|                                          |  |                                                  |     |           |                             |
|------------------------------------------|--|--------------------------------------------------|-----|-----------|-----------------------------|
| Intensidad nominal                       |  |                                                  | Ir  | (A rms)   | 630                         |
| Ciclo de maniobra                        |  |                                                  |     |           | 0 - 0,3 s - CO - 3 min - CO |
| Capacidad de corte nominal               |  |                                                  | Isc | (kA rms)  | 16/20/25                    |
| Poder de cierre nominal en cortocircuito |  |                                                  | Ima | (kA pico) | 40 / 50 / 62,5              |
| Endurancia eléctrica                     |  | Número de operaciones del interruptor automático | n   | (número)  | 2000 (E2 M1)                |

### 3. ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

#### **ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructuras**

Este es uno de los objetivos principales con el que el proyecto está relacionado, trata de estabilizar la red eléctrica y disminuir el número de incidentes y evitar cualquier tipo de penalizaciones económicas o pérdidas del servicio. Mejorando no solo el sistema eléctrico y económico balear sino también mejorando la calidad de vida de las personas que dependen de esta red eléctrica. El hecho de la construcción de la instalación aporta trabajo y bienestar humano, al igual que reporta de manera positiva al Producto Interior Bruto nacional (PIB).

#### **ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles**

El desarrollo de estas tecnologías y su implementación en la red impulsan las tecnologías renovables y la evolución hacia una red más sostenible y como consecuencia una sociedad más sostenible.

#### **ODS 12: Producción y Consumo Responsables**

Este último punto está fuertemente conectado dado que suministra a todos los consumidores y productos. Este tipo de tecnologías apuestan por el ahorro y almacenaje energético aprovechando excesos de energía o consumo en las horas bajas de demanda pudiendo así hacer un consumo más responsable.

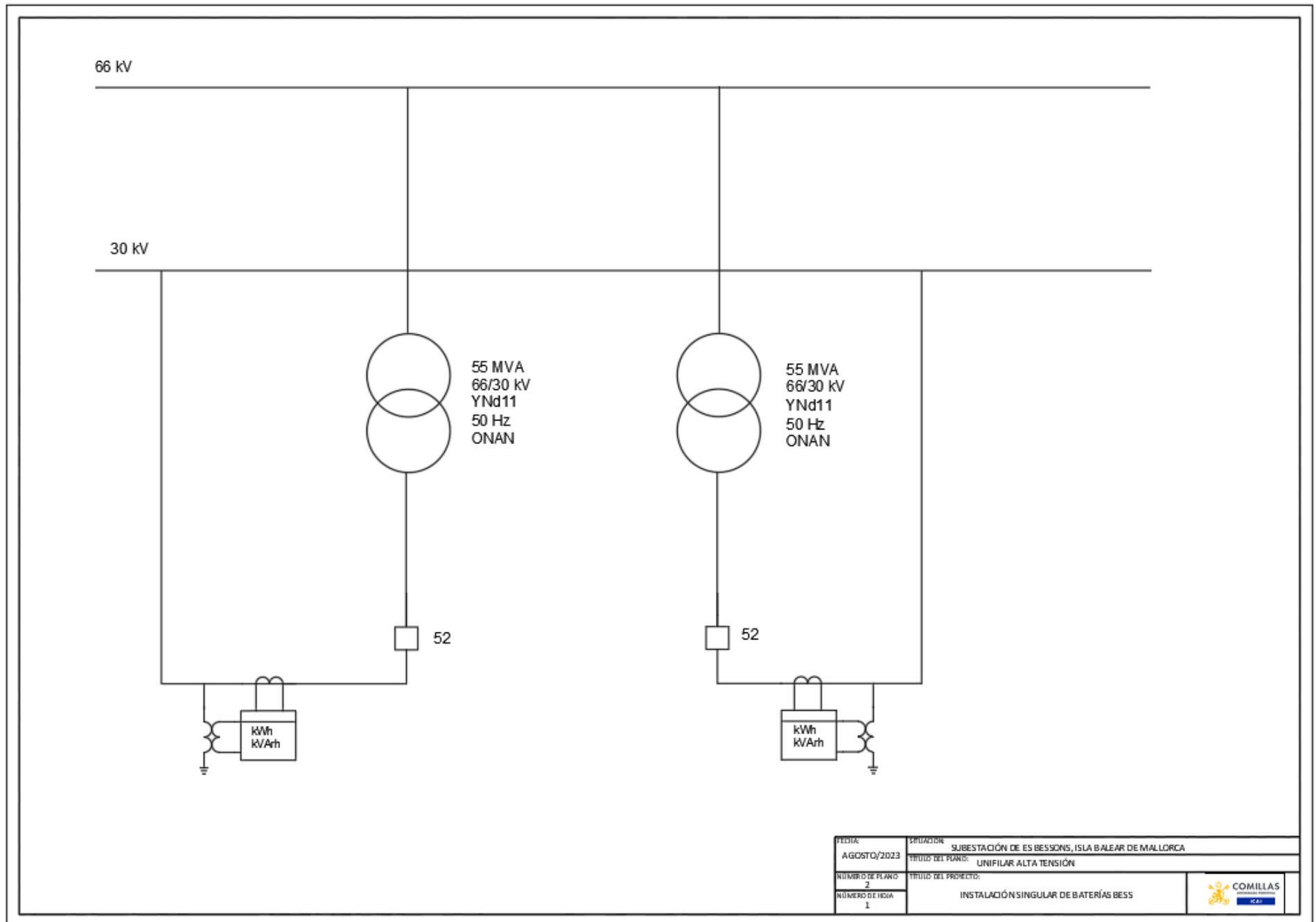
## **DOCUMENTO N°2: PLANOS**

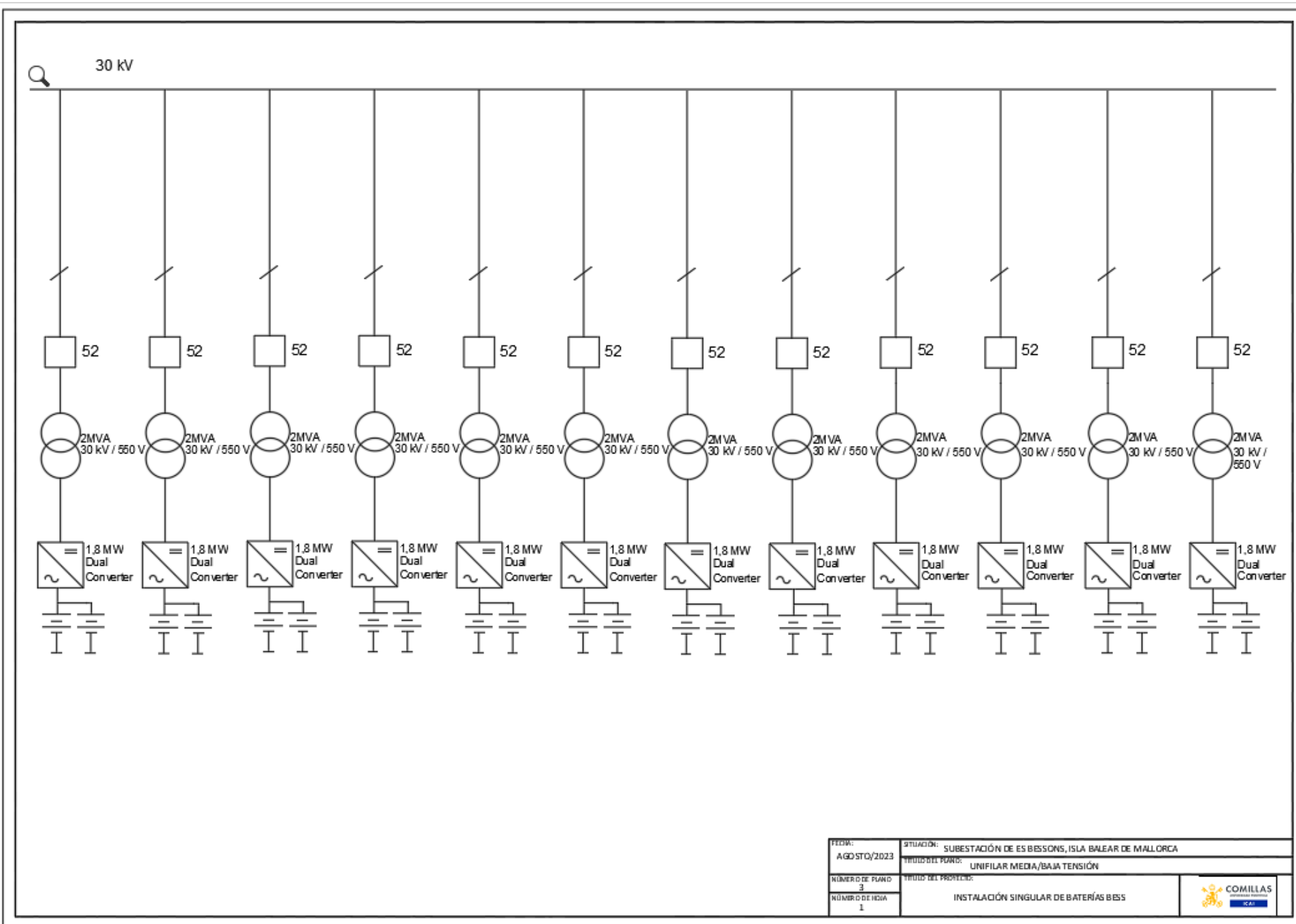
# **CAPÍTULO 1: PLANOS**



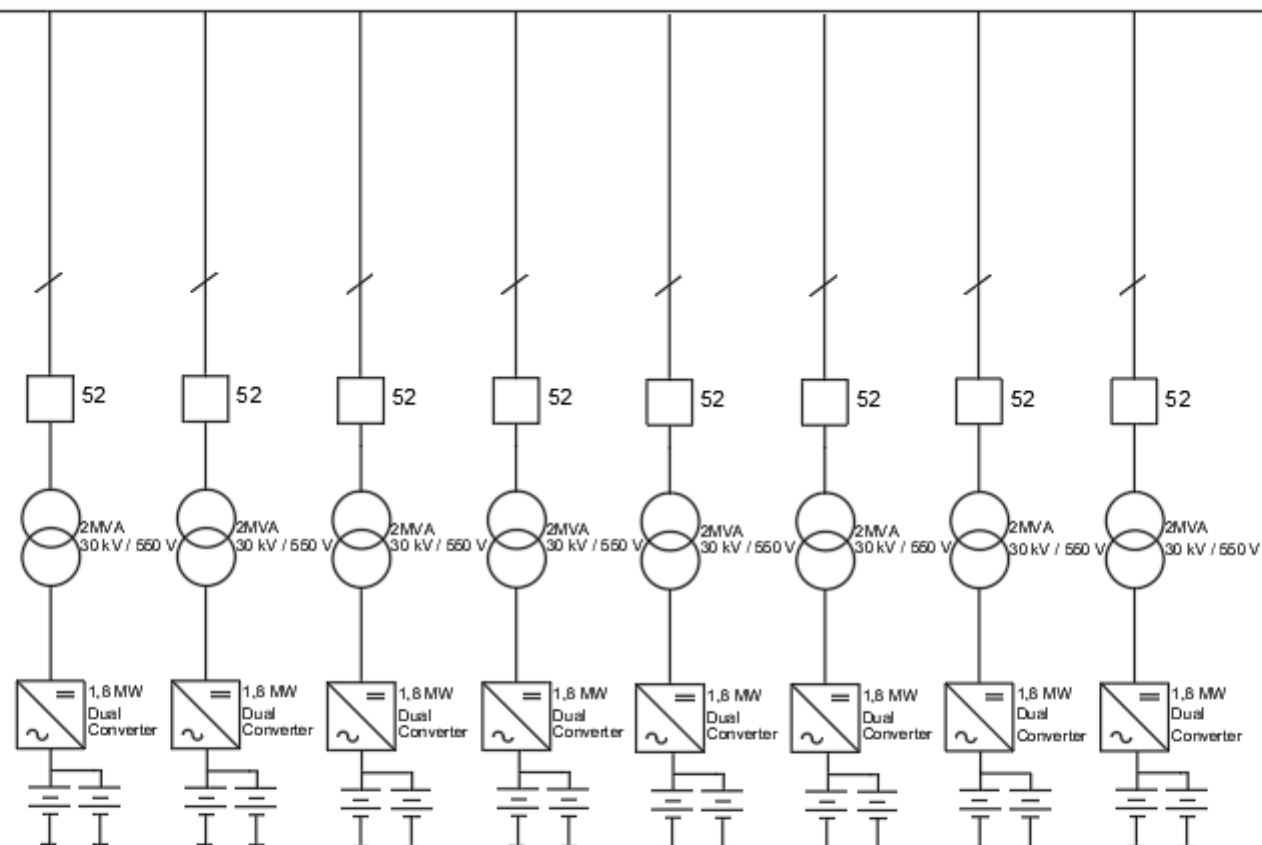
|                       |                                                               |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------|
| FECHA:<br>AGOSTO/2023 | SITUACIÓN: SUBESTACIÓN DE ES BESSONS, ISLA BALEAR DE MALLORCA |
| NÚMERO DE PLANO:<br>1 | TÍTULO DEL PLANO: LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA                   |
| NÚMERO DE HOJA:<br>1  | INSTALACIÓN SINGULAR DE BATERÍAS BESS                         |



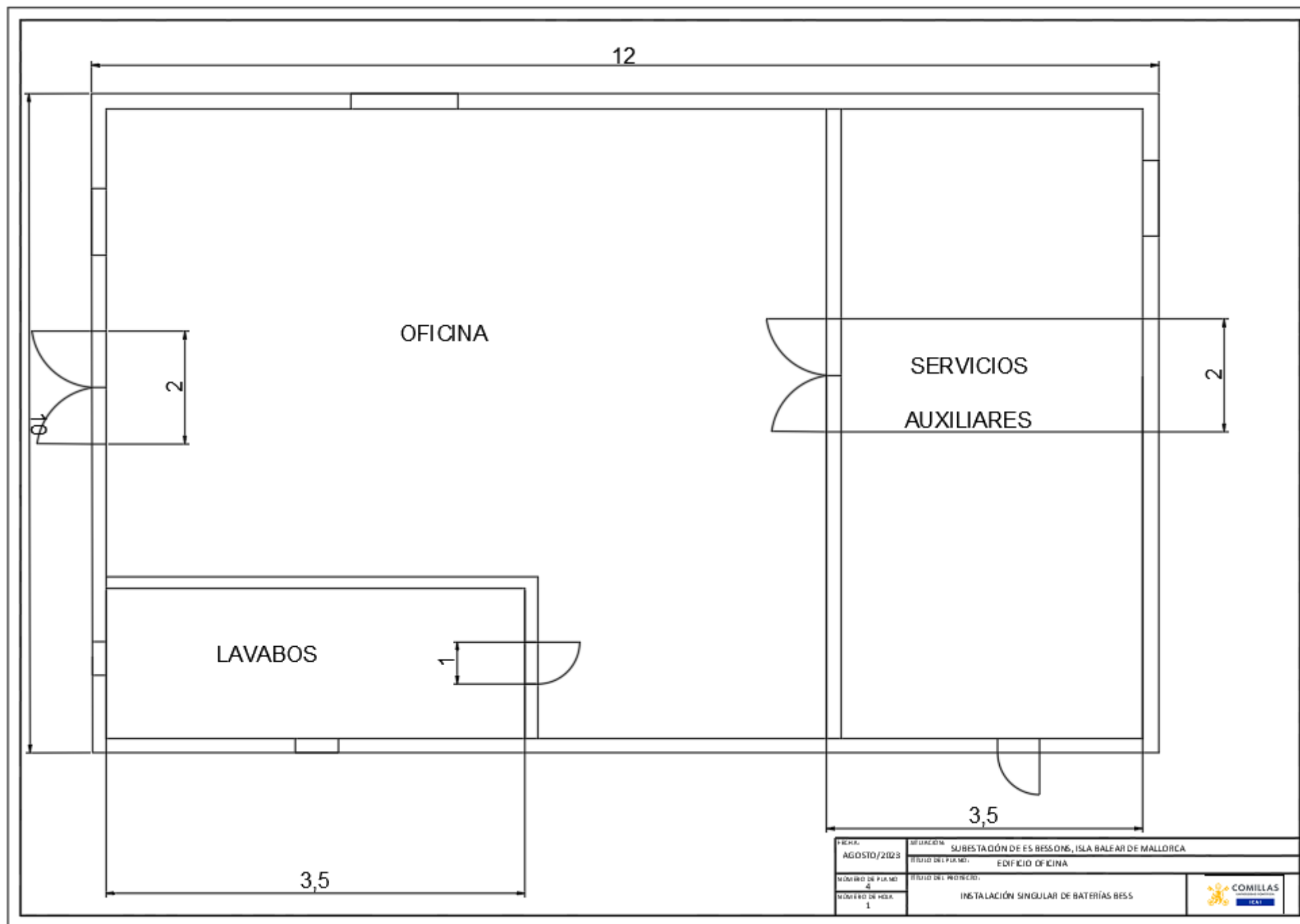


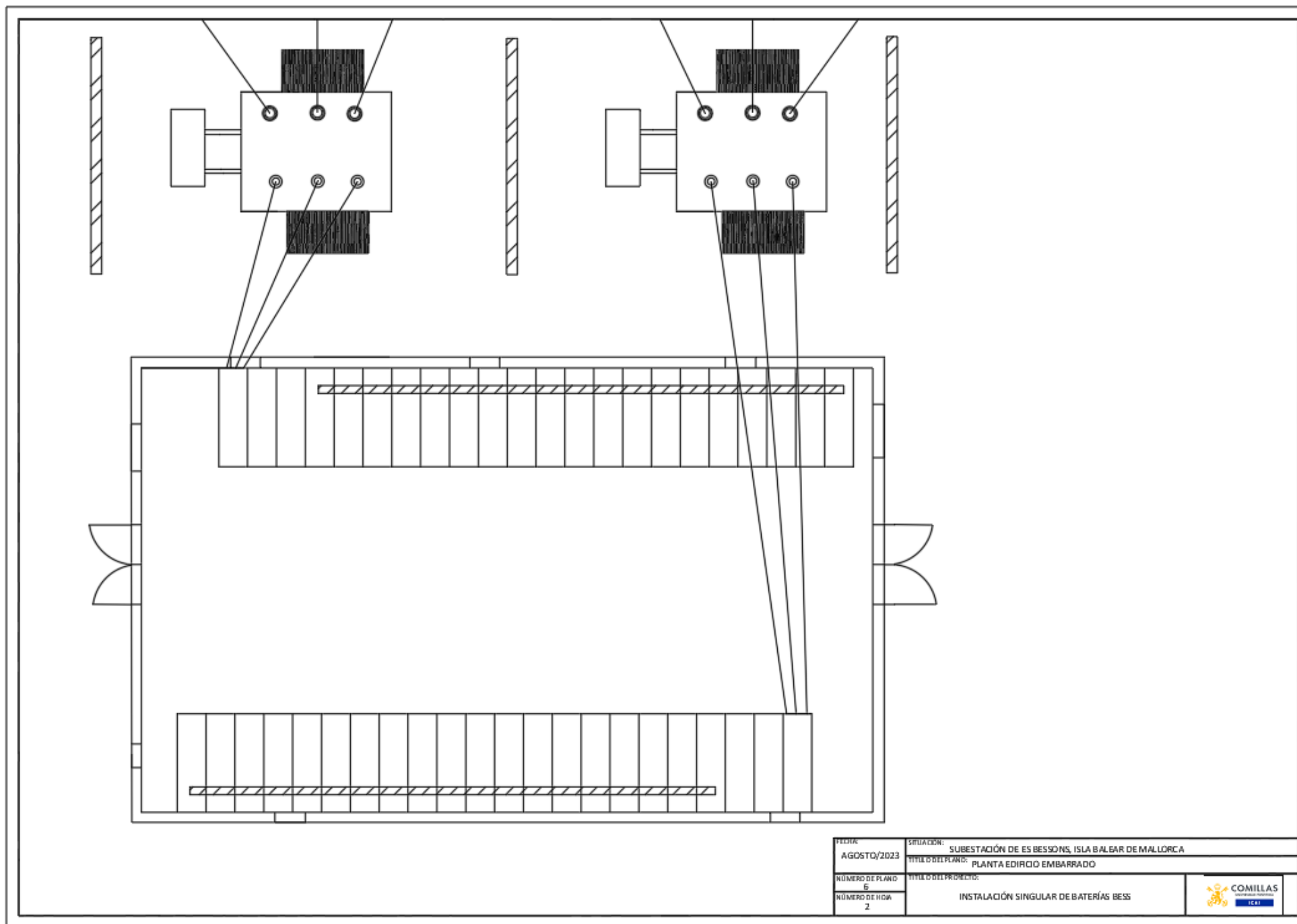


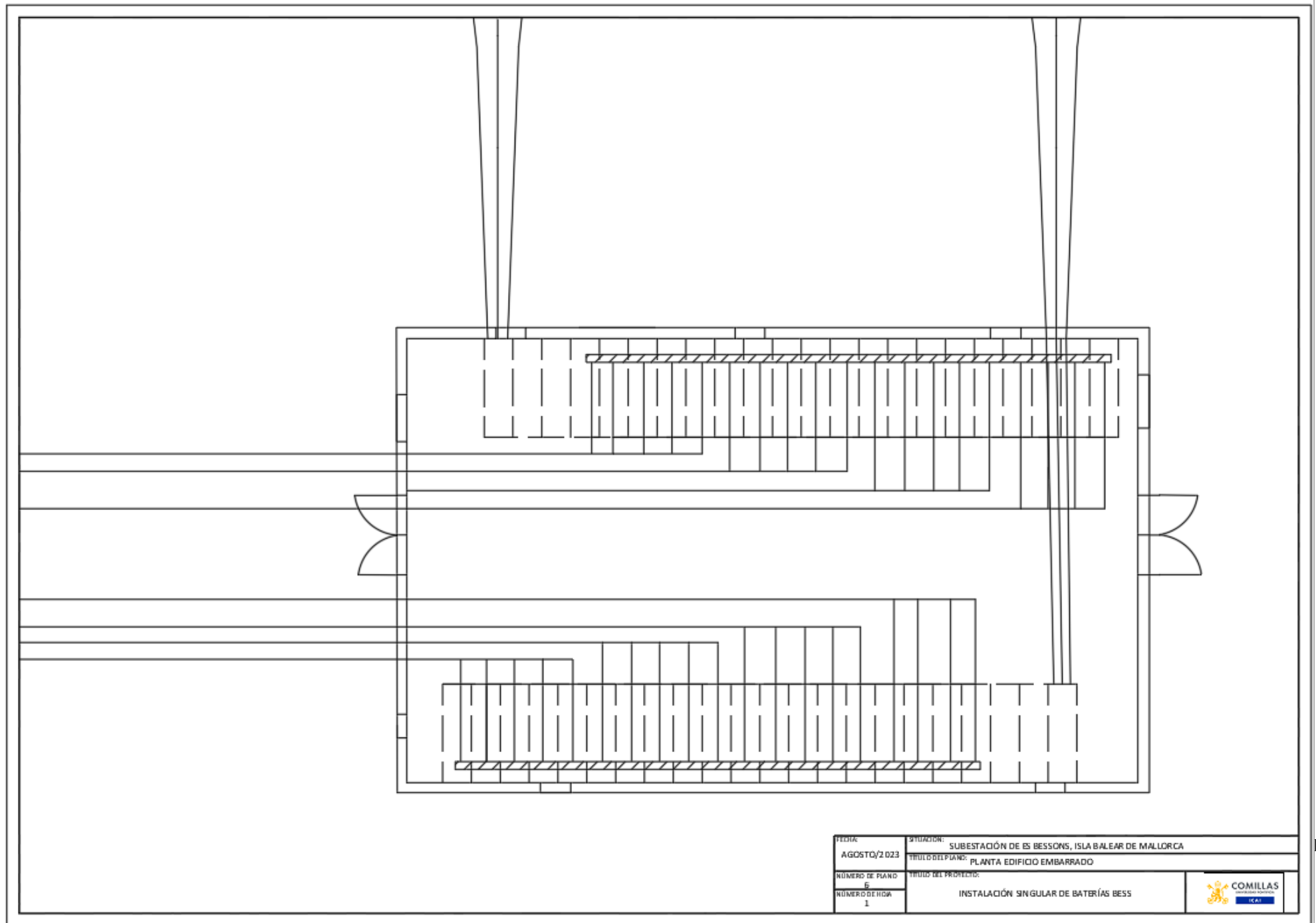
30 kV

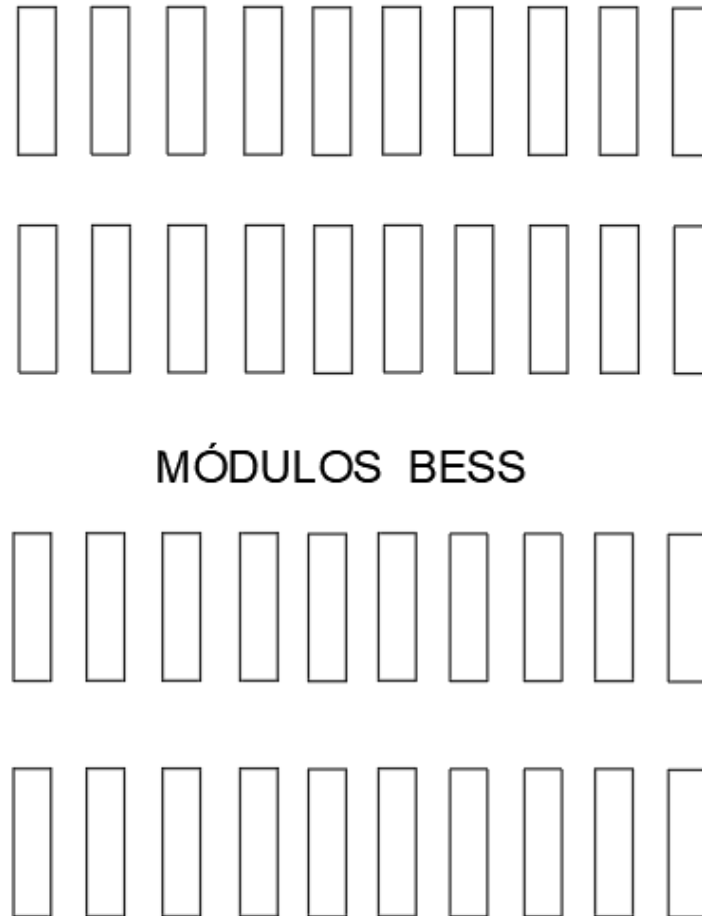


|                  |                                                    |
|------------------|----------------------------------------------------|
| FECHA:           | SUBESTACIÓN DE ES BESSONS, ISLA BALEAR DE MALLORCA |
| AGOSTO/2023      | TÍTULO DEL PROYECTO:                               |
|                  | UNIFILAR MEDIA/BAJA TENSIÓN                        |
| NÚMERO DE PLANO: | TÍTULO DEL PROYECTO:                               |
| 3                | INSTALACIÓN SINGULAR DE BATERÍAS BESS              |
| NÚMERO DE HOJA:  |                                                    |
| 2                |                                                    |

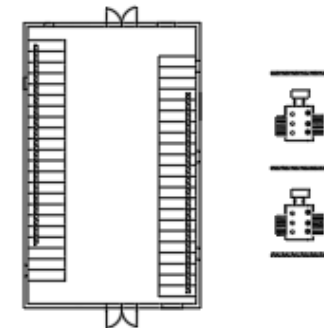




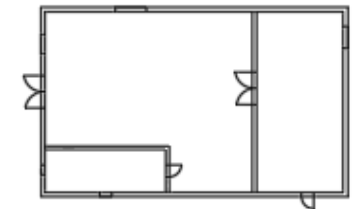




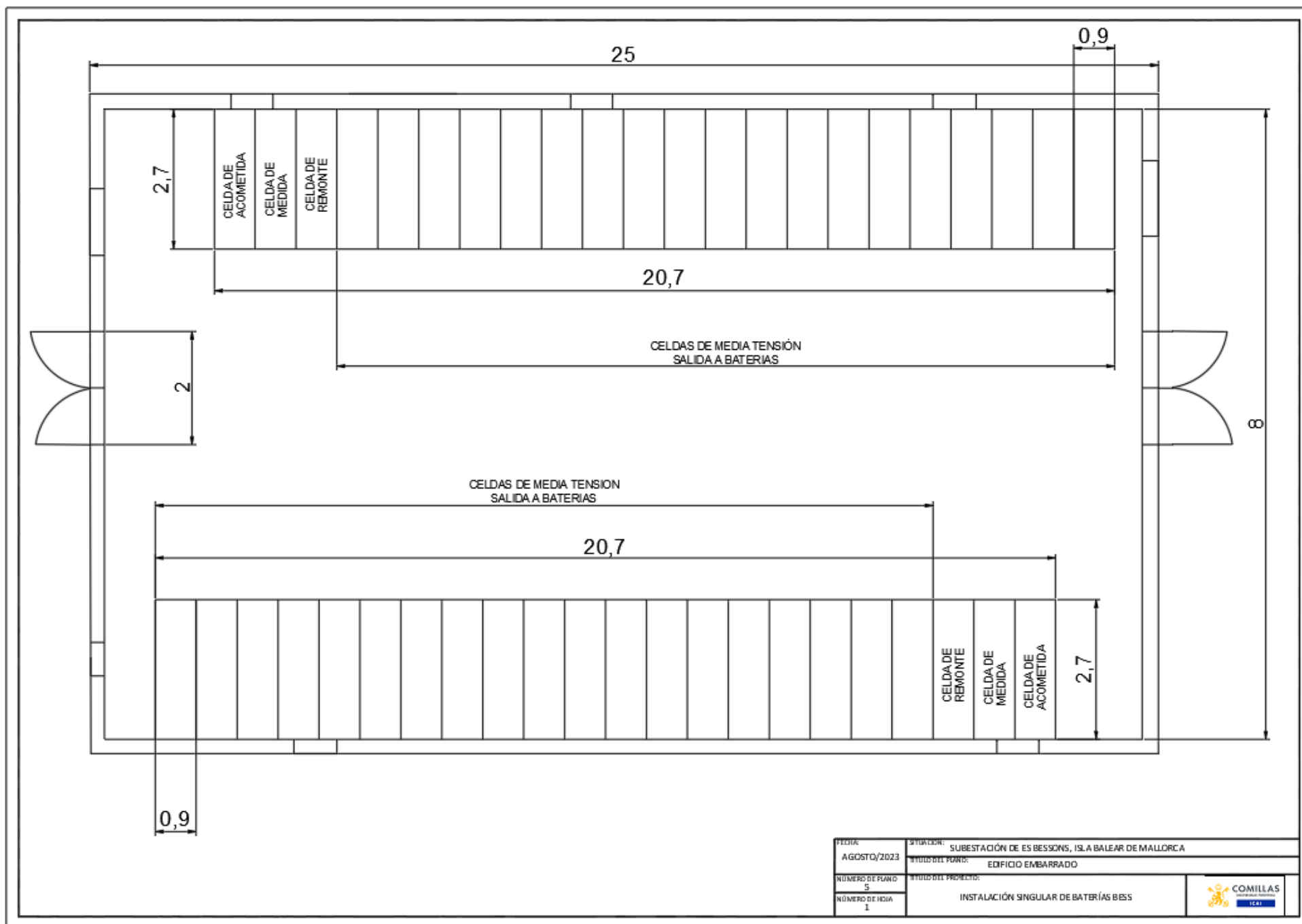
## EDIFICIO EMBARRADO



## OFICINA



|                  |                                                               |  |          |
|------------------|---------------------------------------------------------------|--|----------|
| FECHA:           | SITUACIÓN: SUBESTACIÓN DE ES BESSONS, ISLA BALGAR DE MALLORCA |  |          |
| AGOSTO/2023      | TÍTULO DEL PLANO: PLANTA GENERAL DE LA INSTALACIÓN            |  |          |
| NÚMERO DE PLANO: | TÍTULO DEL PROYECTO:                                          |  |          |
| 7                | INSTALACIÓN SINGULAR DE BATERÍAS BESS                         |  |          |
| NÚMERO DE HOJA:  |                                                               |  | COMILLAS |
| 1                |                                                               |  | ICAI     |



# DOCUMENTO N°3: PLIEGOS DE CONDICIONES

# **CAPÍTULO 1: GENERALES Y ECONÓMICAS**

## ÍNDICE

- 1. OBJETO: Pág.115
- 2. NORMATIVA APLICABLE: Pág.115
  - 2.1 Equipamiento y Montaje
  - 2.2 Obra Civil
- 3. GESTIÓN DE CALIDAD: Pág.120
- 4. GESTIÓN MEDIO AMBIENTAL: Pág.120
- 5. SEGURIDAD EN EL TRABAJO: Pág.120
- 6. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN: Pág.121
- 7. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD: Pág.121
  - 7.1 Memoria
  - 7.2 Características de la Obra
  - 7.3 Pliego de Condiciones

## 1. OBJETO

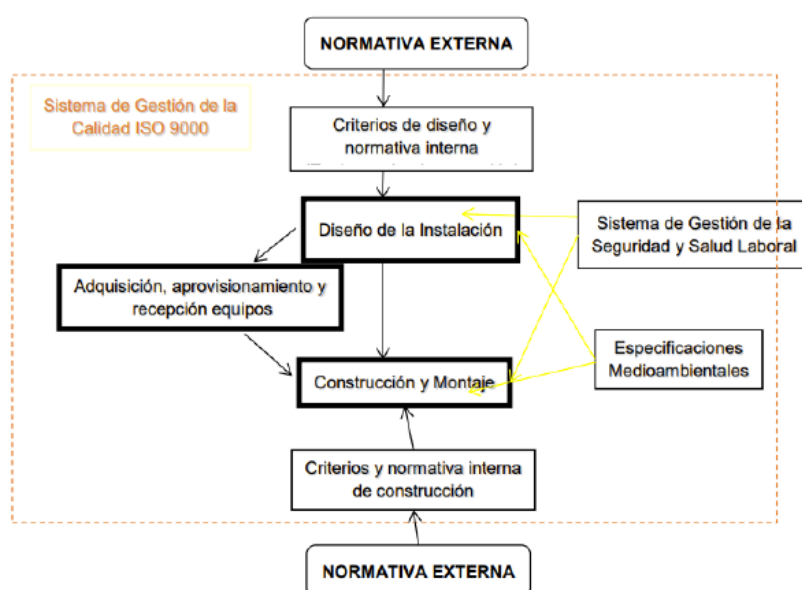
La finalidad de este capítulo es recoger toda la información y resultados necesarios para el correcto desarrollo e instalación de todos los dispositivos y materiales. Por ello se ha tenido en cuenta lo siguiente:

**1º Normativa Aplicable:** La instalación y uso de todos los equipos se hará acorde la normativa legal y vigente.

**2º Gestión de Calidad:** En el Plan de Calidad queda recogida las especificaciones y características de todos los equipos. La planta queda bajo certificación ISO-900.

**3º Gestión Medioambiental:** Como objetivo principal reducir lo máximo posible los impactos sobre el medio ambiente que el funcionamiento o montaje de la instalación pudiera generar.

**4º Seguridad Laboral:** Con el objetivo de que se cumplan y sigan las medidas exigidas por la instalación y funcionamiento de todos los equipos en planta.



## 2. NORMATIVA APLICABLE

Las normativas que se aplicarán serán las siguientes siempre que no existan contradicciones legales entre alguna de ellas.

- Normativa de RED ELÉCTRICA (DYES; Procedimientos Técnicos; y Procedimientos de Dirección).
- Normativa Europea EN.

- Normativa CENELEC.
- Normativa CEI.
- Normativa UNE.
- Otras normas y recomendaciones (IEEE, MF, ACI, CIGRE, ANSI, AISC, etc).

## 2.1 Equipamiento y Montaje

Además de la normativa mencionada anteriormente, han de cumplirse otras de manera obligatoria:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23. Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo.

Concretamente:

- ITC-MIE-RAT-09: "PROTECCIONES".
  - ITC-MIE-RAT-12: "AISLAMIENTO".
  - ITC-MIE-RAT-13: "INSTALACION DE PUESTA A TIERRA".
  - ITC-MIE-RAT-15: "INSTALACIONES ELECTRICAS DE EXTERIOR".
- 
- Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT). Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología. BOE 18 de septiembre de 2002, e Instrucciones Técnicas Complementarias y sus modificaciones posteriores.
- 
- Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) que le afecten.
- 
- Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- 
- R.D. 614/01 de 8 de junio sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- 
- R.D. 1215/97 de 18 de julio sobre Equipos de trabajo.

- R.D. 486/97 de 14 de abril sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- R.D. 487/97 de 14 de abril sobre Manipulación manual de cargas.
- R.D. 773/97 de 30 de mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Ley 32/2006 de 18 de octubre Reguladora de la Subcontratación en el Sector de la Construcción.
- Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas, de la Comisión Técnica Permanente de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA.
- R.D. 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Instrucciones técnicas de los fabricantes y suministradores de equipos.

En caso de existir alguna contradicción o discrepancia entre alguna de las normas se considerará la más restrictiva.

## 2.2 Obra Civil

### **Estructuras**

- Acciones en la edificación

Norma de construcción sismo resistente: parte general y edificación (NCSR-02). REAL DECRETO 997/2002, de 27-septiembre, del Ministerio de Fomento B.O.E.: 11-OCT-02.

Documento Básico de Seguridad Estructural SE-AE “Acciones en la Edificación” del Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006 de 17-marzo, del Ministerio de la Vivienda.

- Acero

Documento Básico de Seguridad Estructural SE-A “Acero” del Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006 de 17-marzo, del Ministerio de la Vivienda.

- Fábrica de ladrillo

Documento Básico de Seguridad Estructural SE-F “Fábrica” del Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006 de 17-marzo, del Ministerio de la Vivienda.

- Hormigón

Instrucción de Hormigón Estructural "EHE-08". REAL DECRETO 1247/2008 de 18 de julio, del Ministerio de Fomento B.O.E.: 22-AGO-08.

- Forjados

Actualización de las fichas de autorización de uso de sistemas de forjados RESOLUCIÓN de 30-ENE-97, del Ministerio de Fomento B.O.E.: 6-MAR-97.

Real Decreto 1247/2008 de 5 de julio, por el que se aprueba la " Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados (EFHE)".

## **Instalaciones**

- Calefacción, Climatización y Agua caliente sanitaria

Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) y se crea la Comisión Asesora para Instalaciones Térmicas de los Edificios. Real Decreto 1027/2007.

Real Decreto 140/03 de 7 de febrero sobre Criterios Sanitarios de la Calidad del Agua de consumo humano. B.O.E.: 21 de febrero de 2003.

Documento Básico de Salubridad HS “Salubridad” del Código Técnico de la Edificación. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda.

- Electricidad

Autorización para el empleo de sistemas de instalaciones con conductores aislados bajo canales de cables protectores de material plástico. RESOLUCIÓN de 18-ENE-88, de la Dirección General de Innovación Industrial. B.O.E.: 19-FEB-88.

Reglamento electrotécnico para baja tensión “REBT” e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT01 a BT51.

REAL DECRETO 842/2002, de 2-AGOSTO, del Ministerio de Industria y Energía B.O.E.: 18-SEPT-2002.

- Instalaciones de Protecciones Contra Incendios

Normas de Procedimiento y Desarrollo del Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios y se revisa el anexo I y los Apéndices de este. Orden de 16 de abril de 1998, del Ministerio de Industria y Energía. B.O.E.: 28 de abril de 1998.

Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios. Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, del Ministerio de Industria y Energía. B.O.E.: 14 de diciembre de 1993. Corrección de errores: 7 de mayo de 1994

Documento Básico SI “Seguridad en caso de Incendio” del Código Técnico de la Edificación. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda.

## **Protección**

- Aislamiento Térmico

Documento Básico HE “Ahorro de energía” del Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006 de 17-marzo, del Ministerio de la Vivienda.

- Aislamiento Acústico

Documento Básico HR “Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 1371/2007 de 19-octubre, del Ministerio de la Vivienda.

- Protección Contra Incendios

Documento Básico SI “Seguridad en caso de incendio” del Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006 de 17-marzo, del Ministerio de la Vivienda.

## **Varios**

Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006 de 17-marzo, del Ministerio de la Vivienda.

Normas tecnológicas de la edificación. DECRETO del ministerio de la vivienda nº 3655/72, de 23-DIC B.O.E. 15-ENE-73.

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. R. D. 3275/1982 de 12 de noviembre y sus modificaciones posteriores, la última por O. M. de 10/03/00.

Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

R.D. 1215/97 de 18 de Julio sobre EQUIPOS DE TRABAJO.

R.D. 614/01 de 8 de junio sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

R.D. 773/97 de 30 de mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

R.D. 487/97 de 14 de abril sobre Manipulación manual de cargas.

Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en Instalaciones Eléctricas, de la Comisión Técnica Permanente de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA.

Instrucciones técnicas de los fabricantes y suministradores de equipos.

Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) tanto en cuanto a la ejecución de los trabajos, como en lo relativo a mediciones.

### 3. GESTIÓN DE CALIDAD

Esta gestión afecta tanto a los procesos (ingeniería, construcción, calificación de proveedores, gestión de proyectos y transferencia de instalaciones) como a los recursos (homologación de dispositivos, cualificación de personal, equipos de inspección, medida y ensayo).

La norma ISO-9000 certifica y satisface este sistema de calidad.

### 4. GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

Toda obra e instalación se hace de acuerdo con lo establecido en la normativa y legislación vigente relacionada. Las condiciones medioambientales que delimitan las características del proyecto están redactadas en el Anexo “Especificaciones técnicas de carácter medioambiental”, también recogida en este mismo documento.

### 5. SEGURIDAD EN EL TRABAJO

La Seguridad y Salud relativa a la instalación viene descrita y recogida en la normativa, Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre. Se establecen las condiciones mínimas de salud y seguridad en

construcciones, teniendo en cuenta la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, Prevención de Riesgos Laborales.

## 6. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN

Para comprobar la correcta instalación, siguiendo los certificados, para poder garantizar el grado de verificación y validación de dispositivos y equipos.

### Pruebas en Vacío

Estas pruebas sólo se llevarán a acabo una vez hayan terminado los trabajos e instalaciones tanto de la parte mecánica y obra civil como los electromecánicos. Se realizarán siguiendo las instrucciones correspondientes a la normativa.

### Pruebas en Tensión

Estas pruebas tienen como objetivo la comprobación de todos los parámetros calculados y comprobación del correcto funcionamiento de los equipos, así como el correcto funcionamiento de los sistemas proyectivos y tierras.

Los protocolos realizados, como las pruebas a realizar estarán recogidos en su documentación correspondiente con los resultados obtenidos, y se seguirá un procedimiento de puesta en marcha de la instalación.

## 7. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

### 7.1 Memoria

#### **Objeto de estudio**

En este apartado se establecen las condiciones que deben establecerse para que los trabajos de obra civil y montaje electromecánico puedan llevarse a cabo de acuerdo con unos estándares de Seguridad y Salud. Se tendrá en cuenta la aplicación de la normativa de Dirección Facultativa, que establece R.D. 1627/97 en el cual se describen las medidas mínimas de Seguridad en las Obras de Construcción.

Este Estudio presenta en el anexo los acuerdos y pactos firmados entre REE y las empresas subcontratadas para este proyecto.

Este estudio presenta carácter obligatorio y vinculante para todas las empresas partícipes en el proceso de desarrollo de la planta.

Cada empresa que sea contratada para colaborar en la obra ha de desarrollar su propio Plan de seguridad y salud. Deben realizar un estudio, y un desarrollo completo de las tareas que van a desarrollar, el sistema de ejecución de la obra su propio plan de prevención de riesgos y previsiones.

La empresa propietaria del proyecto en este caso RED ELÉCTRICA, tendrá el derecho de revisar y corregir la última versión del Plan de Seguridad que se presente.

## 7.2 Características de la obra

### 7.2.1 Situación y Descripción de la Obra

El emplazamiento de la instalación se encuentra adyacente a la subestación eléctrica de Es Bessons, situada cerca de la localidad de Manacor en la parte central de la isla balear de Mallorca.

El Plano con la ubicación del emplazamiento viene adjuntada en el documento nº 2 (Planos).

Se han recogido una serie de datos geotécnicos y climáticos, para tener en cuenta en el punto elegido para la planta:

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| - Tipo de Zona                | B              |
| - Altura media del terreno    | 375m           |
| - Temperaturas extremas       | + 44°C/ -3.1°C |
| - Velocidad máxima del viento | 135 km/h       |
| - Contaminación ambiental     | Baja           |
| - Nivel de niebla             | Bajo           |

El proyecto consiste en la instalación de los módulos BESS junto con toda la aparamenta necesaria para el correcto funcionamiento de la planta. Para ello los pasos necesarios a realizar son los siguientes:

- Se construirán los muros de separación de los dos transformadores principales y el edificio que contenga las celdas de media tensión y embarrados principales.
- Red de tierras, todos los embarrados de tierra y las necesarias puesta a tierra de equipos en tensión y estructuras metálicas.
- Sistemas contra incendios, sistemas anti-intrusión y alumbrado.
- Cableado de fuerza y control, con sus respectivas zanjadas.
- Sistemas de comunicaciones y SCADA de planta.
- Los módulos de las BESS que contienen los sistemas de baterías.

- Los sistemas de Protección, Control y Medida con sus respectivos cuadros eléctricos, relés y comunicaciones.
- Cimentaciones tanto de los edificios de media tensión y oficina, como las necesarias para los módulos de las BESS.
- Cableado de media desde los transformadores de potencia principales hasta las celdas de media tensión.
- Las bancadas necesarias para las celdas de media tensión, o cualquier otro soporte metálico que sea necesario.
- Montaje y puesta en marcha. Certificados de legalización de la instalación. Certificados de las correspondientes pruebas FAT de los equipos, y test SAT en instalación.

#### 7.2.2 Control de accesos

A pesar de que la instalación se encuentra alejada entre dos núcleos urbanos, siempre se existe la posibilidad de presencia de personal ajeno a la planta. Por ello no se descartan las medidas de seguridad y anti-intrusismo. Se levantará una valla alrededor del recinto. Y se registrarán la entrada y salida de personal en los puntos de acceso. Además, el recinto estará debidamente señalado con carteles de advertencia y posibles riesgos eléctricos.

#### 7.2.3 Trabajos previos, interferencias y servicios afectados

No se esperan ningún tipo de interrupciones o interferencias durante la obra, dado que la mayoría de la aparamenta será entregada por el proveedor en forma de módulos. Además, durante la construcción de la instalación el parque de 66 kV de Es Bessons no verá afectado su servicio dado que las acometidas que se toman de ella para energizar la planta no afectan al servicio del resto del parque. Además, cuenta con la capacidad suficiente para asumir las nuevas cargas que se van a incorporar.

La obra civil que se va a llevar a cabo es muy sencilla por lo que no se esperan inconvenientes.

No habrá restricciones de movimiento de personal ni de vehículos dentro del recinto dado que en ningún momento se energizará ninguna parte de la instalación, ni será necesario hacerlo. Se prevé poner en marcha el 100% de la instalación a la vez.

#### 7.2.4 Unidades constructivas que componen la Obra

##### **Movimiento de tierras**

Será necesario movimiento de tierras para las zanjas de los cables de fuerza y comunicaciones, así como de las arquetas de registro.

## **Obra Civil**

Consiste en un edificio principal que albergará la aparamenta de media tensión, celdas, interruptores, protecciones y embarrados. También se realizará un segundo edificio, oficina, desde el que el operario podrá operar la planta.

Se ejecutará una campana de almacenaje para aquellos materiales que no vayan a instalarse en un primer momento. Así mismo los módulos de baterías que no se hayan instalados se apilarán en parte del recinto sin que interfieran con el resto de los procesos de la obra, y con cuidado de no dañar las envolventes.

- Cimentaciones de soporte

Las cimentaciones de los nuevos edificios como de los módulos de baterías se harán en hormigón armado

- Canales de cables

Se realizarán zanjas para llevar enterrados los cables de fuerza y comunicaciones, desde el edificio de los embarrados principales hasta las baterías. Las canalizaciones no llevarán ningún tipo de refuerzo de hormigón, a diferencia de las arquetas de registro que si estarán reforzadas con hormigón.

## **Montaje de estructuras y equipo**

Durante esta fase se dispone a instalar las bancadas del edificio principal, la instalación de celdas de media tensión y su correcta conexión entre ellas al igual que la conexión de las barras de las celdas. También se procede a montar la red de tierras.

Los montajes se llevarán a cabo de tal forma que no se interrumpirán unas entre otras, siempre y cuando sean compatibles con las actividades de la obra civil.

Todas las vigas y perfiles de los soportes metálicos estarán normalizados.

- Trabajos de cableado y trabajos en baja tensión

Las tiradas de cable de fuerza y comunicaciones se harán una vez excavadas las zanjas e irán recubiertos por tubo corrugado. Una vez tirado el cable realizarán todas las pruebas y el megado de los cables y comprobarán las medidas obtenidas.

- Puesta en servicio

Una vez realizado todas SATs, comprobación de protecciones y comunicaciones se procederá a la puesta en servicio energizando la instalación desde las dos acometidas de la subestación previamente construidas.

### 7.2.5 Identificación de riesgos

Toda empresa responsable de una obra debe realizar un trabajo previo en el que se deben analizar y considerara los riesgos que puedan existir en cualquier parte del proceso de ejecución de obra. Aspectos a tener en cuenta:

- Condiciones de las máquinas, instalaciones existentes, condiciones generales de trabajo, agentes biológicos, físicos y químicos y las condiciones de los equipos utilizados.
- La falta de cualificación de los trabajadores, sus puestos de trabajo, especial atención aquellos que están más expuestos a una serie riesgos.
- Organización del trabajo que tiene que desempeñar cada empresa con respecto a sus funciones.

Por ello cada empresa que se subcontrate para desarrollar cualquier actividad deben realizar una evaluación de los riegos del trabajo que vayan a desempeñar.

Principales riesgos que puedan existir:

#### *Situaciones pormenorizadas de riesgo*

##### **Caídas de personas al mismo nivel**

Caída por deficiencias en el suelo, por pisar o tropezar con objetos, por existencia de vertidos o líquidos, por superficies en mal estado por condiciones atmosféricas (heladas, nieve, agua, etc.).

##### **Caídas de personas a distinto nivel**

Caída desde escaleras portátiles, desde andamios y plataformas temporales, desniveles, huecos, zanjass, taludes,

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Caída de objetos</b>                           | desde estructuras pórticos.                                                                                                                                                                                       |
| <b>Desprendimientos, desplomes y derrumbes</b>    | Caída por manipulación manual de objetos y herramientas o de elementos manipulados con aparatos elevadores. Desprendimientos de elementos de montaje fijos, desplome de muros o hundimiento de zanjas o galerías. |
| <b>Choques y golpes</b>                           | Choques contra objetos fijos, contra objetos móviles, golpes por herramientas manuales y eléctricas.                                                                                                              |
| <b>Maquinaria automotriz y vehículos</b>          | Atropello a peatones, choques y golpes entre vehículos, vuelco de vehículos y caída de cargas.                                                                                                                    |
| <b>Atrapamientos por mecanismos en movimiento</b> | Atrapamientos por herramientas manuales, portátiles eléctricos. Atrapamientos por mecanismos en movimiento.                                                                                                       |
| <b>Cortes</b>                                     | Cortes por herramientas portátiles eléctricas o manuales y cortes por objetos superficiales o punzantes                                                                                                           |
| <b>Proyecciones</b>                               | Impacto por fragmentos, partículas sólidas o líquidas.                                                                                                                                                            |
| <b>Contactos térmicos</b>                         | Contactos con fluidos o sustancias calientes / fríos.                                                                                                                                                             |
| <b>Contactos químicos</b>                         | Contacto con proyecciones.                                                                                                                                                                                        |
| <b>Contactos eléctricos</b>                       | Contacto con sustancias corrosivas, irritantes/ alergizantes u otras.                                                                                                                                             |
| <b>Arcos eléctricos</b>                           | Contactos directos, indirectos o descargas eléctricas.                                                                                                                                                            |
| <b>Sobreesfuerzos</b>                             | Calor, proyecciones o radiaciones no ionizantes                                                                                                                                                                   |
| <b>Explosiones</b>                                | Esfuerzos al empujar, tirar de objetos. Esfuerzos al levantar, sostener o manipular cargas.                                                                                                                       |
| <b>Incendios</b>                                  | Máquinas, equipos y botellas de gases.                                                                                                                                                                            |
| <b>Confinamiento</b>                              | Acumulación de material combustible. Almacenamiento y trasvase de productos inflamables. Focos de ignición, proyecciones de chispas o partículas calientes.                                                       |
| <b>Tráfico</b>                                    | Golpes, choques, cortes o atrapamientos por espacio reducido. Dificultades para rescate.                                                                                                                          |
| <b>Agresión de animales</b>                       | Choques entre vehículos o contra objetos fijos. Atropello de peatones o en situaciones de trabajo. Vuelco de vehículos por accidente de tráfico. Picadura de insectos, ataque de perros o                         |

|                                  |                                                                                                                                            |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  | agresión por otros animales.                                                                                                               |
| <b>Estrés térmico</b>            | Exposición prolongada al calor o al frío.                                                                                                  |
|                                  | Cambios bruscos de temperatura.                                                                                                            |
| <b>Radiaciones no ionizantes</b> | Exposición a radiación ultravioleta, infrarroja o visible.                                                                                 |
| <b>Carga física</b>              | Movimientos repetitivos. Carga estática o postural (espacios de trabajo) o dinámica (actividad física). Condiciones climáticas exteriores. |
| <b>Carga mental</b>              | Distribución de tiempos. Horario de trabajo                                                                                                |

### 7.2.6 Organización de la Seguridad

#### *Responsables de las Empresas Contratistas*

Son las personas designadas por las empresas subcontratadas, que desempeñan el papel de jefe obra. Se encargan de organizar y dirigir al resto del personal en sus funciones, también se asegurarán de que todos los miembros de su equipo sean conscientes de las normas de seguridad, los riesgos y el protocolo para actuar en caso de incidencia.

#### *Coordinador de salud y seguridad*

A pesar de que la ejecución de la obra civil y los montajes de los equipos electromecánicos sean independientes y se estiman en periodos distintos, existe la posibilidad que algunos procesos se solapen, Art. 3 del R.D. 1627. RED ELÉCTRICA, empresa propietaria del proyecto tendrá que designar un coordinador en materia de seguridad para esta clase de situaciones.

#### *Vigilante de seguridad*

En el plan de seguridad desarrollada por cada empresa de be incluir un miembro del personal de ejercerá como vigilante de seguridad de los trabajos a tiempo parcial o completo. Deberá tener la formación necesaria acerca seguridad, para poder desempeñar sus funciones.

### **Principios Generales aplicables durante la Ejecución de la Obra**

Atendiendo a la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, durante el desarrollo de la obra se tendrán en cuenta lo recogido en el artículo 15 acerca la acción preventiva. Hay que destacar:

- Hay que asegurar que las zonas de alto riesgo o específico estarán reservadas únicamente a personal que haya recibido la formación necesaria.

- Que todos los miembros que vayan a verse involucrados en la obra haya recibido sus correctas instrucciones.
- Exista un correcto mantenimiento, orden y limpieza de la obra.
- La prevención a la hora de utilizar equipos auxiliares y manipulación de materiales.
- Mantenimiento de los equipos auxiliares para llevar a cabo la obra, los materiales propios de la obra y aquellos que estén almacenados para su posterior uso.
- Señalización delimitación de las zonas en las que se está trabajando.
- Debido control y almacenamiento de los materiales utilizados que puedan suponer un riesgo.
- Correcta coordinación entre las tareas que queden pendientes por realizar, las ya terminadas, y las que se estén llevando a cabo.
- Buena comunicación y cooperación entre la empresa propietaria (REE) y las subcontratadas.

## **Formación**

Por lo general, el personal contratado por las empresas contratistas cuentan con una formación previa acerca de las medidas de seguridad. A pesar de ello, una vez en planta recibirán una formación genérica en seguridad y una específica sobre sus áreas de trabajo si así se estima necesario.

Será responsabilidad de las empresas subcontratadas que su personal este formado e informado acerca de lo recogido en el Plan de Seguridad.

Todo aquel miembro del personal con tareas que se vean expuesta a riesgos eléctricos recibirá la categoría de “personal autorizado o cualificado” según R.D. 614/2001.

## **Medicina preventiva**

Las empresas contratadas están obligadas a realizar un reconocimiento médico a su personal previamente a su llegada a la instalación. Y se encargará de la redistribución de funciones y tareas a desempeñar de los trabajadores según los resultados de estas pruebas en el caso de que fuera necesario.

Los resultados de estas pruebas estarán a disposición de REE en cualquier momento.

## **Medios de Protección**

Antes del comienzo de la obra estará disponible en planta todo el material de seguridad, así como la asignación de personal.

Seguendo R.D. 773/1997, Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud, los equipos de seguridad individual de los trabajadores estarán debidamente ajustados.

#### 7.2.7 Locales de descanso y servicios higiénicos

Atendiendo al anexo V de Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud R.D. 486/1997, el personal contratado tendrá libre acceso a los servicios higiénicos necesarios.

En caso de contar con instalaciones permanentes se prescindirá en obra de toda instalación local temporal, si fuera el caso deberá estar correctamente recogido en el Plan de Seguridad.

#### 7.2.8 Disposiciones de emergencia

### **Vías de evacuación**

Debido a la amplia área del recinto y la escasez de edificaciones, y dado que la mayor parte de los trabajos se realizan al aire libre, no existe la necesidad de ejecutar unas vías de evacuación. Hay que destacar que, dentro de los módulos de baterías, dado que se trata de un espacio cerrado si que cuenta con vías y salidas de emergencia con puertas de accionamiento antipánico en caso de incidente en el módulo.

En el caso improbable que durante la obra de alguno de los dos edificios se cuente con más de 20 trabajadores, en el mismo recinto. Será necesario la ejecución de un plan de evacuación, basado en el número de trabajadores el espacio disponible y el número de salidas habilitadas. También se deberán señalar debidamente las vías de evacuación y se contará con accionamientos antipánico en los accesos de emergencia.

La decisión de evacuación de alguna de las áreas será responsabilidad del coordinador de seguridad, y en su ausencia del supervisor designado por REE. Se establecerá como punto reunión la puerta principal del vallado del recinto.

### **Iluminación**

Los trabajos se realizarán al aire libre y jornada ordinaria de trabajo, por lo que se dispondrá luz diurna y no será necesaria la instalación de luminarias. No se trata de una obra de emergencia en la que haya que cubrir horarios extraordinarios.

En el caso en el que por algún motivo durante el desarrollo de la obra sea necesario cubrir horas extraordinarias durante periodo nocturno, se instalarán luminarias auxiliares y puntos de conexión de fuerza adicionales alimentados la generación independiente. También

se contará con el material de emergencia de iluminación. Como dispositivos portátiles como, linternas o focos móviles.

### **Instalaciones de suministro y reparto de energía**

Durante la ejecución de los trabajos se contará con grupos electrógenos para alimentar los equipos.

Los equipos eléctricos necesarios para alimentar los dispositivos necesarios durante la obra se dispondrán de tal forma que no supongan ningún peligro, y que en caso de explosión o incendio no supongan un riesgo para el personal ni los equipos. También la protección propia de los dispositivos eléctricos, aislamientos y protección contra contactos directos e indirectos.

Las áreas de riesgo eléctrico debido a elementos en tensión se considerarán restringidas excepto para personal autorizado o cualificado.

### **Ventilación**

No se realizarán trabajos subterráneos por lo que no hace falta analizar las condiciones de oxígeno, higiene, gases tóxicos o inflamables. La mayor parte de los trabajos se realizarán en el exterior. Y los únicos movimientos de tierras que se contemplan son las zanjas, para las canalizaciones de cables, que se han diseñado de una profundidad superficial sin necesidad de trabajos subterráneos.

Cabe destacar la importancia de la ventilación de los módulos de la BESS. Dado que gran parte de la aparamenta se encuentra en la misma envolvente, se contará con las subidas de temperaturas y la necesidad de ventilación. Las propias envolventes cuentan con su propio sistema HVAC, al igual que los racks de baterías tienen su propia ventilación.

Los edificios de la planta, tanto el edificio principal como la oficina contarán con su propio sistema de ventilación.

### **Ambientes nocivos y factores atmosféricos**

Como ya se ha explicado anteriormente, gran parte de los trabajos se desarrollarán a la intemperie, por lo que no será necesario desarrollar un plan de actuación, para ambientes nocivos.

En casos de condiciones atmosféricas extremas como lluvias intensas con riesgo de inundaciones o tormenta eléctricas se pospondrán los trabajos.

El personal contará con los equipos y protecciones necesarias para no verse expuestos a gases, polvo, vapores, etc.

## **Lucha y detección de incendios**

La aparamenta agrupada en una misma envolvente puede suponer un riesgo de incendio debido a las altas temperaturas que se pueden llegar a concentrar. Además, entre la aparamenta se encuentran los módulos de las baterías que son altamente inflamables. Por ello se instalará un sistema de antincendios y se contarán con extintores en los viales de la instalación. Para la prevención de incendios además del sistema anteriormente mencionado se contará con la ventilación necesaria para reducir los riesgos de incendios. También se respetará unas distancias de seguridad entre los módulos para evitar propagaciones de fuegos.

## **Primeros auxilios**

Se informará a todos los miembros del personal del número de ayuda y primero auxilios, 112. A través de ese número la instalación recibirá la ayuda sanitaria o técnica que necesite.

Deberá existir un vehículo en planta, de uso exclusivo de la misma, para que el caso de evacuar algún accidentado y que pueda ser tratado. También existirá material de primeros auxilios (botiquines, camillas, etc.) disponible para cualquier miembro de las empresas contratadas.

Se informará al personal de los centros de atención primaria más próximos a la planta.

### 7.2.9 Plan de seguridad

Una vez redactado el documento de El Plan de Seguridad, elaborado por la empresa contratada, se debe adjuntar su forma propia de llevarlo a cabo, teniendo en cuenta que debe estar ajustado y contemplar todas las situaciones de riesgo que se puedan presentar.

Cuando se apruebe la documentación se establecerá como el documento aplicable en la obra. Quedará bajo poder del coordinador de seguridad y jefe de obra.

## 7.3 Pliego de Condiciones

### **Normativa legal**

Será obligatorio el cumplimiento de la normativa aplicable durante la ejecución de la obra, siendo las citadas:

- Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/03 de 12 de diciembre de Reforma del Marco Normativo de la Prevención de Riesgos Laborales.

- R.D. 1627/97 de 24 de octubre sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- R.D. 171/04 de 30 enero, por el que desarrolla el Art. 24 de la Ley 31/95, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- R.D. 614/2001 de 8 de junio sobre Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- R.D. 486/97 de 14 de abril sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- R.D. 487/97 de 14 de abril sobre Manipulación manual de cargas.

- R.D. 773/97 de 30 de mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- R.D. 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.

### **Normativa Red Eléctrica España**

A su vez el desarrollo de la obra estará sujeto a la normativa de la empresa propietaria (REE), de manera genérica se debe cumplir:

- TM-001. Organización de la seguridad en los trabajos en instalaciones de AT.
- IM-002. Medidas de seguridad en instalaciones de AT. Para trabajos sin tensión.
- IM-013. Medidas de seguridad en trabajos en instalaciones de BT.
- AM-004. Aplicación de la línea de seguridad para trabajos en alturas.
- AM-005. Trabajos de manutención manual y mecánica.
- IC-003. Subcontratación por proveedores de RED ELÉCTRICA a terceros.

## **CAPÍTULO 2: TÉCNICAS Y PARTICULARES**

## ÍNDICE

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN: pág.135
2. REQUISITOS DE CARÁCTER GENERAL: pág.135
  - 2.1 Condiciones de los organismos de la Administración
  - 2.2 Áreas de almacenamiento temporal o trasiego de combustible
  - 2.3 Cambios de aceites y grasas
  - 2.4 Campamento de obra
  - 2.5 Gestión de residuos
  - 2.6 Incidentes con consecuencias ambientales
3. REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA LA OBRA CIVIL: pág.137
4. REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA EL MONTAJE ELECTROMECÁNICO: pág.137
  - 4.1 Llenado de equipos con aceite
  - 4.2 Llenado de equipos con SF<sub>6</sub>
5. ACONDICIONAMIENTO FINAL DE LA OBRA: pág.138

## 1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El objetivo principal de este documento es estudiar las condiciones que deben respetar los trabajos de montaje electromecánicos y de obra civil que se van a llevar a cabo durante la ejecución de la instalación de la BESS de la subestación de Es Bessons 66 kV. Se pretende minimizar el impacto medioambiental que puedan causar los procesos de obra.

Alcance de este documento se limita a la obra civil y montaje de equipos electromecánicos.

## 2. REQUISITOS DE CARÁCTER GENERAL

Se prestará especial atención a que se cumplan de manera rigurosa las condiciones ambientales a todos los niveles: estatal, autonómico, municipal y europeo.

Todos los requisitos que se deben respetar durante la ejecución de la obra vienen recogidos en Las Especificaciones Ambientales de Construcción de Subestaciones.

### 2.1 Condicionados de los organismos de la Administración

Tanto durante la emisión y tras la misma, de la Autorización Administrativa de las entidades públicas u otros organismos, que se vean involucrados en las gestiones administrativas de este proyecto. Se dispondrán a emitir las correspondientes licencias.

### 2.2 Áreas de almacenamiento temporal o trasiego de combustible

Para evitar tener que almacenar los depósitos de combustible en zonas de almacenamiento temporal y evitar contacto con el resto de los materiales de la obra. Se ha optado por situarlos sobre el suelo sin ningún tipo de soporte o sistema de fijación, y para evitar los posibles derrames se utilizó bandejas metálicas.

La bandeja tendrá un bordillo de unos 12 cm, será estanca y su capacidad deberá ser mayor que la de depósitos que contiene. Se protegerá con una lona para evitar que en caso de lluvia la bandeja se llene, siempre y cuando se contemple situarlos a la intemperie.

En el caso de grupos electrógenos, los cuales disponen de su propio depósito principal, deberá estar protegido por una doble pared, y las tuberías, como de medida de protección, serán encamisadas. Si no cumplen con estas restricciones se le aplicarán las citadas anteriormente para depósitos de combustible.

### 2.3 Cambios de aceites y grasas

A fin de evitar vertidos de aceites o grasas en el suelo.

Los engrases y cambios de aceite deben realizarse en taller, si esto no fuera posible y se vieran obligados a realizarlos en campo, se deberán utilizar recipientes de recogida y todas las medidas necesarias para evitar su vertido al suelo.

### 2.4 Campamento de obra

Se organizará el correspondiente sistema de recogida de residuos en obra, para todos aquellos desperdicios que pudieran generar el personal.

No se realizarán canalizaciones a afluentes naturales ni pozos filtrantes o fosas sépticas en la obra sin la previa autorización correspondiente de la Confederación Hidrográfica. En su lugar se optará por instalar sistemas móviles y estancos de acumulación o wáter químico, cuya vida útil será la duración de la obra. De acuerdo con la normativa de Sanidad y Salud estos depósitos deben tener un correcto mantenimiento para evitar molestias u olores.

### 2.5 Gestión de residuos

Para la gestión de residuos se ha de seguir la normativa vigente, que será lo establecido en:

- Plan de gestión de residuos de construcción y demolición: Realizado por la empresa subcontrata, aprobado por el organismo correspondiente y aprobado por el Departamento de Medio Ambiente de RED ELÉCTRICA.
- Estudio de gestión de residuos de construcción y demolición: anexo al presente documento.

## 2.5 Incidentes con consecuencias ambientales

Se definen incidentes medioambientales, aquellas circunstancias que puedan afectar al medio y generen respuestas de emergencia.

Principalmente se conocen los más comunes como incendios o contaminación por falta de contención y seguridad de sustancias contaminantes.

Generalmente los incidentes debidos a incendios vienen asociados por causas como manipulación, trabajo o almacenamiento de sustancias inflamables. En el caso de esta instalación este riesgo aumenta debido a la composición de las baterías. Para evitarlo se respetarán y seguirán todas las normativas y seguridades de prevención de incendios y se evitará dentro lo posible que los productos con alto riesgo de inflamabilidad entren en contacto con fuentes de calor (dispositivos con sobrecalentamiento, soldaduras, etc.). Para desarrollar los trabajos se contará en caso de que fuera necesaria la Autorización de trabajos en épocas de alto riesgo de incendios y las medidas necesarias de extinción de incendios.

## 3. REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA LA OBRA CIVIL

### **Limpieza de cubas de hormigonado**

Por razones de seguridad y con el objetivo de evitar cualquier tipo de vertidos se delimitará y señalizará la zona de limpieza de cubas. Una vez finalizada la obra se saneará la zona y los residuos serán llevados para su correcta eliminación de manera controlada en vertederos correspondientes.

## 4. REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA EL MONTAJE ELECTROMECAÁNICO

### 4.1 Llenado de equipos con aceite

Con el objetivo de evitar fugas o derramamientos que puedan afectar el medio se seguirán las máximas precauciones a la hora de llenado de aceite la apramenta de potencia.

Antes de comenzar los llenados deben estar preparados los sistemas de recogida en caso de derrame.

Como medida de seguridad adicional y necesaria para extremar la precaución, se dispondrán recipientes de recogida junto a todos los elementos necesarios para llevar a cabo los llenados como, tubos, juntas, etc. Con el fin de evitar cualquier posible derramen en el suelo.

#### 4.2 Llenado de equipos con SF<sub>6</sub>

La aparamenta que lo requiera llevará a cabo su llenado de SF<sub>6</sub> por personal cualificado, para evitar cualquier tipo pérdidas y contaminación. Dado que se trata de productos muy especializados, todas las botellas de SF<sub>6</sub> vacías o sobrantes serán recicladas y recogidas por el proveedor de estas.

### 5. ACONDICIONAMIENTO FINAL DE LA OBRA

Cuando se finalice la obra se realizará una inspección y revisión de todo el recinto de la instalación y zonas de trabajo por si quedarán algún tipo de residuos o desperfectos. Con el objetivo de dejar la planta en buen estado y reducir el impacto medioambiental en residuos lo máximo posible. Todo lo recogido será almacenado correctamente si fuera el caso, o desechado.

Durante la revisión si se observará algún tipo de desperfecto ocasionado durante la obra se restauraría.

Respetando lo acordado en los pactos con la administración y particulares, se revisarán las condiciones de todas las servidumbres existentes previamente a la obra, y si fuera preciso se corregirían aquellas que presentaran carencias o incumplimientos.

En medida de lo posible se respetará el aspecto del terreno previo a la obra.

Una vez finalice la obra se llevarán a cabo proyectos de integración paisajística de la planta, en aquellas zonas carentes de vegetación y expuestas a procesos erosivos si así se ha considerado oportuno.

# **DOCUMENTO N°4: PRESUPUESTOS**

# **CAPÍTULO 1: MEDICIONES**

| <b>Aparamenta de la instalación</b>                       | <b>Medición</b> | <b>Unidad</b> |
|-----------------------------------------------------------|-----------------|---------------|
| Módulo BESS de almacenamiento por baterías                | 40              | Uds           |
| Celdas de media tensión F400 Schneider                    | 40              | Uds           |
| Celdas de media tensión de acometida Flusarc 36 Schneider | 2               | Uds           |
| Celdas de media tensión de medida F400 Schneider          | 2               | Uds           |
| Celdas de media tensión de remonte Schneider              | 2               | Uds           |
| Transformador 66/30 kV 55 MVA                             | 2               | Uds           |
| Cable unipolar PRYSMIAN GROUP H07V-K;<br>Aislamiento PVC  | 2356            | m             |
| Pararrayos 72 kV Tipo NI                                  | 3               | Uds           |
| Celda de media tensión de conexión de embarrados          | 1               | Uds           |

| <b>Red de tierras</b>                           | <b>Medición</b> | <b>Unidad</b> |
|-------------------------------------------------|-----------------|---------------|
| Conductor de cobre diámetro 120 mm <sup>2</sup> | 110             | m             |

| <b>Obra civil</b>       | <b>Medición</b> | <b>Unidad</b>  |
|-------------------------|-----------------|----------------|
| Terreno                 | 11160           | m <sup>2</sup> |
| Accesos                 | 40              | m <sup>2</sup> |
| Movimientos de tierras  | 900             | m <sup>2</sup> |
| Drenajes y saneamientos | 1               | Uds            |
| Cimentaciones           | 550             | m <sup>2</sup> |
| Edificio                | 448             | m <sup>2</sup> |
| Vallado del edificio    | 80              | m              |
| Vallado recinto         | 560             | m              |

| <b>Sistemas Auxiliares y de Control</b>             | <b>Medición</b> | <b>Unidad</b> |
|-----------------------------------------------------|-----------------|---------------|
| Transformador de servicios auxiliares               | 1               | Uds           |
| Grupo electrógeno diésel GEN5, 5K de GENESAL ENERGY | 1               | Uds           |
| SCADA y programación de sistema                     | 1               | Uds           |

| <b>Sistemas de Alumbrado, Antincendios y anti-intrusismo</b>                                                                                                                                                        | <b>Medición</b> | <b>Unidad</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------|
| Alumbrado de emergencia                                                                                                                                                                                             | 1               | Uds           |
| Alumbrado exterior e interior                                                                                                                                                                                       | 1               | Uds           |
| <u>Sistema antincendios</u> : Suministro y montaje de detección de incendios (central de detección, detectores de humo, pulsador, sirena interior y exterior) en el interior y exterior de las salas contenerizadas | 40              | Uds           |

| <b>Pruebas para comprobar el funcionamiento de la instalación</b> | <b>Medición</b> | <b>Unidad</b> |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------|
| Medidas de las tensiones de paso y contacto                       | 1               | Uds           |
| Pruebas de comprobación del funcionamiento de la aparamenta       | 1               | Uds           |
| Pruebas de vacío                                                  | 1               | Uds           |
| Puesta en Marcha                                                  | 1               | Uds           |

| <b>Otros</b>                | <b>Medición</b> | <b>Unidad</b> |
|-----------------------------|-----------------|---------------|
| Tasas locales y municipales | 1               | Uds           |
| Licencias                   | 1               | Uds           |
| Adecuación medioambiental   | 1               | Uds           |
| Seguridad y salud           | 1               | Uds           |

## **CAPÍTULO 2: PRECIOS UNITARIOS**

| Aparamenta de la instalación                              | Precios Unitarios                     |            | Unidad |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------|--------|
| Módulo BESS de almacenamiento por baterías                | Fabricación y transporte              | 950.000,00 | €/Ud   |
|                                                           | Instalación                           | 10.000,00  | €/Ud   |
| Celdas de media tensión F400 Schneider                    | Fabricación, transporte e instalación | 15.120,51  | €/Ud   |
| Celdas de media tensión de acometida Flusarc 36 Schneider | Fabricación, transporte e instalación | 6.845,10   | €/Ud   |
| Celdas de media tensión de medida F400 Schneider          | Fabricación, transporte e instalación | 2247,64    | €/Ud   |
| Celdas de media tensión de remonte                        | Fabricación, transporte e instalación | 1634,65    | €/Ud   |
| Transformador 66/30 kV 55 MVA                             | Fabricación y transporte              | 650.000,00 | €/Ud   |
|                                                           | Instalación                           | 15.000,00  | €/Ud   |
| Cable unipolar PRYSMIAN GROUP H07V-K; Aislamiento PVC     | Fabricación y transporte              | 16,35      | €/m    |
|                                                           | Instalación                           | 3,54       | €/m    |
| Pararrayos 72 kV Tipo NI                                  | Fabricación y transporte              | 512        | €/Ud   |
|                                                           | Instalación                           | 7500       | €/Ud   |
| Celda de media tensión de conexión de embarrados          | Fabricación, transporte e instalación | 15120,51   | €/Ud   |

| Red de tierras                                  | Precios Unitarios        |     | Unidad |
|-------------------------------------------------|--------------------------|-----|--------|
| Conductor de cobre diámetro 120 mm <sup>2</sup> | Fabricación y transporte | 30  | €/m    |
|                                                 | Instalación              | 3,5 | €/m    |

| Obra civil              | Precios Unitarios | Unidad           |
|-------------------------|-------------------|------------------|
| Terreno                 | 40                | €/m <sup>2</sup> |
| Accesos                 | 23                | €/m <sup>2</sup> |
| Movimientos de tierras  | 40                | €/m <sup>2</sup> |
| Drenajes y saneamientos | 105.000           | €/Ud             |

|                      |             |                      |
|----------------------|-------------|----------------------|
| Cimentaciones        | 42          | €/m <sup>2</sup>     |
| Edificio             | Estructura  | 130 €/m <sup>2</sup> |
|                      | Albañilería | 110 €/m <sup>2</sup> |
| Vallado del edificio | 50          | €/m <sup>2</sup>     |
| Vallado recinto      | 50          | €/m <sup>2</sup>     |

| Sistemas Auxiliares y de Control                    | Precios Unitarios          |            | Unidad |
|-----------------------------------------------------|----------------------------|------------|--------|
| Transformador de servicios auxiliares               | Fabricación y transporte   | 220.000,00 | €/Ud   |
|                                                     | Instalación                | 7.000,00   | €/Ud   |
| Grupo electrógeno diésel GEN5, 5K de GENESAL ENERGY | Fabricación y transporte   | 36.000,00  | €/Ud   |
|                                                     | Instalación                | 1.500,00   | €/Ud   |
| SCADA y programación de sistema                     | Programación e instalación | 20.000,00  | €/Ud   |

| Sistemas de Alumbrado, Antincendios y anti-intrusismo                                                                                                                                                       | Precios Unitarios        |            | Unidad |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------|--------|
| Alumbrado exterior e interior                                                                                                                                                                               | Fabricación y transporte | 20.000,00  | €/Ud   |
|                                                                                                                                                                                                             | Instalación              | 5.000,00   | €/Ud   |
| Alumbrado emergencia                                                                                                                                                                                        | Fabricación y transporte | 7.000,00   | €/Ud   |
|                                                                                                                                                                                                             | Instalación              | 1.000,00   | €/Ud   |
| Sistema de Anti-intrusismo (AVIOTEC)                                                                                                                                                                        | Fabricación y transporte | 200.000,00 | €/Ud   |
|                                                                                                                                                                                                             | Instalación              | 27.000,00  | €/Ud   |
| Sistema antincendios: Suministro y montaje de detección de incendios (central de detección, detectores de humo, pulsador, sirena interior y exterior) en el interior y exterior de las salas contenerizadas | Fabricación y transporte | 1098,55    | €/Ud   |
|                                                                                                                                                                                                             | Instalación              | 100,00     | €/Ud   |

| Pruebas para comprobar el funcionamiento de la instalación | Precios Unitarios | Unidad |
|------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
| Medidas de las tensiones de paso y contacto                | 60000             | €/Ud   |

|                                                                |       |      |
|----------------------------------------------------------------|-------|------|
| Pruebas de comprobación del funcionamiento de la<br>aparamenta | 75000 | €/Ud |
| Pruebas de vacío                                               | 40000 | €/Ud |
| Puesta en Marcha                                               | 30000 | €/Ud |

| Otros                       | Precios Unitarios | Unidad |
|-----------------------------|-------------------|--------|
| Tasas locales y municipales | 925000            | €/Ud   |
| Licencias                   | 640000            | €/Ud   |
| Adecuación medioambiental   | 73000             | €/Ud   |
| Seguridad y salud           | 95000             | €/Ud   |

## **CAPÍTULO 3: SUMAS PARCIALES**

| <b>Aparamenta de la instalación</b>                       | <b>Sumas Parciales</b>                |               | <b>Unidad</b> |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|
| Módulo BESS de almacenamiento por baterías                | Fabricación y transporte              | 38.000.000,00 | €             |
|                                                           | Instalación                           | 400.000,00    | €             |
| Celdas de media tensión F400 Schneider                    | Fabricación, transporte e instalación | 604.820,40    | €             |
| Celdas de media tensión de acometida Flusarc 36 Schneider | Fabricación, transporte e instalación | 13.690,20     | €             |
| Celdas de media tensión de medida F400 Schneider          | Fabricación, transporte e instalación | 4495,28       | €             |
| Celdas de media tensión de remonte                        | Fabricación, transporte e instalación | 3269,3        | €             |
| Transformador 66/30 kV 55 MVA                             | Fabricación y transporte              | 1.300.000,00  | €             |
|                                                           | Instalación                           | 30.000,00     | €             |
| Cable unipolar PRYSMIAN GROUP H07V-K; Aislamiento PVC     | Fabricación y transporte              | 38520,6       | €             |
|                                                           | Instalación                           | 8340,24       | €             |
| Pararrayos 72 kV Tipo NI                                  | Fabricación y transporte              | 512           | €             |
|                                                           | Instalación                           | 7500          | €             |
| Celda de media tensión de conexión de embarrados          | Fabricación, transporte e instalación | 15120,51      | €             |

| <b>Red de tierras</b>                           | <b>Sumas Parciales</b>   |      | <b>Unidad</b> |
|-------------------------------------------------|--------------------------|------|---------------|
| Conductor de cobre diámetro 120 mm <sup>2</sup> | Fabricación y transporte | 3300 | €             |
|                                                 | Instalación              | 385  | €             |

| <b>Obra civil</b>       | <b>Sumas Parciales</b> |       | <b>Unidad</b> |
|-------------------------|------------------------|-------|---------------|
| Terreno                 | 446400                 |       | €             |
| Accesos                 | 920                    |       | €             |
| Movimientos de tierras  | 36000                  |       | €             |
| Drenajes y saneamientos | 105.000                |       | €             |
| Cimentaciones           | 23100                  |       | €             |
| Edificio                | Estructura             | 58240 | €             |
|                         | Albañilería            | 49280 | €             |

|                      |       |   |
|----------------------|-------|---|
| Vallado del edificio | 4000  | € |
| Vallado recinto      | 28000 | € |

| Sistemas Auxiliares y de Control                    | Sumas Parciales            |            | Unidad |
|-----------------------------------------------------|----------------------------|------------|--------|
| Transformador de servicios auxiliares               | Fabricación y transporte   | 220.000,00 | €      |
|                                                     | Instalación                | 7.000,00   | €      |
| Grupo electrógeno diésel GEN5, 5K de GENESAL ENERGY | Fabricación y transporte   | 36.000,00  | €      |
|                                                     | Instalación                | 1.500,00   | €      |
| SCADA y programación de sistema                     | Programación e instalación | 20.000,00  | €      |

| Sistemas de Alumbrado, Antincendios y anti-intrusismo                                                                                                                                                       | Sumas Parciales          |            | Unidad |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------|--------|
| Alumbrado exterior e interior                                                                                                                                                                               | Fabricación y transporte | 20.000,00  | €      |
|                                                                                                                                                                                                             | Instalación              | 5.000,00   | €      |
| Alumbrado emergencia                                                                                                                                                                                        | Fabricación y transporte | 7.000,00   | €      |
|                                                                                                                                                                                                             | Instalación              | 1.000,00   | €      |
| Sistema de Anti-intrusismo (AVIOTEC)                                                                                                                                                                        | Fabricación y transporte | 200.000,00 | €      |
|                                                                                                                                                                                                             | Instalación              | 27.000,00  | €      |
| Sistema antincendios: Suministro y montaje de detección de incendios (central de detección, detectores de humo, pulsador, sirena interior y exterior) en el interior y exterior de las salas contenerizadas | Fabricación y transporte | 43942,00   | €      |
|                                                                                                                                                                                                             | Instalación              | 4.000,00   | €      |

| Pruebas para comprobar el funcionamiento de la instalación  | Sumas Parciales | Unidad |
|-------------------------------------------------------------|-----------------|--------|
| Medidas de las tensiones de paso y contacto                 | 60000           | €      |
| Pruebas de comprobación del funcionamiento de la aparamenta | 75000           | €      |
| Pruebas de vacío                                            | 40000           | €      |
| Puesta en Marcha                                            | 30000           | €      |

| Otros                       | Sumas Parciales | Unidad |
|-----------------------------|-----------------|--------|
| Tasas locales y municipales | 925000          | €      |
| Licencias                   | 640000          | €      |
| Adecuación medioambiental   | 73000           | €      |
| Seguridad y salud           | 95000           | €      |

## **CAPÍTULO 4: PRESUPUESTO GENERAL**

| Concepto                                                         | Sumas Parciales      | Unidad   |
|------------------------------------------------------------------|----------------------|----------|
| Aparamenta                                                       | 40.426.268,53        | €        |
| Red de tierras                                                   | 3685                 | €        |
| Obra civil                                                       | 750.940              | €        |
| Sistemas auxiliares y de control                                 | 284.500              | €        |
| Sistemas de Alumbrado,<br>Antincendios y anti-intrusismo         | 307.942              | €        |
| Pruebas para comprobar el<br>funcionamiento de la<br>instalación | 205.000              | €        |
| Otros                                                            | 1.733.000            | €        |
| <b>PRESUPUESTO TOTAL</b>                                         | <b>43.711.335,53</b> | <b>€</b> |

El presupuesto para la instalación BESS de la subestación Es Bessons de Mallorca con IVA incluido asciende a la cifra de **CUARENTA Y TRES MILLONES SETECIENTOS ONCE MIL TRESCIENTOS TREINTA Y CINCO EUROS CON CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS**.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ingeniería y Asesoría Renovables Arlumi (2018). *Proyecto Subestación 66/ 30 kV de planta fotovoltaica “La torre SL” 44,95 MWn*.
- WEG España. *Almacenamiento de Energía de Baterías (BESS)* <[https://www.weg.net/catalog/weg/US/es/Generaci%C3%B3n%2CTransmisi%C3%B3n-y-Distribuci%C3%B3n/Almacenamiento-de-Energ%C3%ADa-de-Bater%C3%ADas/Almacenamiento-de-Energ%C3%ADa-de-Bater%C3%ADas-%28BESS%29/p/MKT\\_WDC\\_GLOBAL\\_SYSTEM\\_ESSW](https://www.weg.net/catalog/weg/US/es/Generaci%C3%B3n%2CTransmisi%C3%B3n-y-Distribuci%C3%B3n/Almacenamiento-de-Energ%C3%ADa-de-Bater%C3%ADas/Almacenamiento-de-Energ%C3%ADa-de-Bater%C3%ADas-%28BESS%29/p/MKT_WDC_GLOBAL_SYSTEM_ESSW)> Consulta: 12 de junio 2023.
- ELUM ENERGY. *Energía solar y almacenamiento: Tipos de baterías para sistemas solares*. < <https://elum-energy.com/es/2022/11/01/solar-almacenamiento-tipos-de-baterias-para-sistemas-solares/> > Consulta: 8 de abril de 2023.
- Universidad de Sevilla. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. *Análisis económico de un sistema de almacenamiento para la disminución de desvíos de productos en un parque eólico*.
- IEEE. 05-10 August 2018. 2018 IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM). *Comparison of Grid Following and Grid Forming Control for a High Inverter Penetration Power System*.
- Carbon collective. *Battery Storage Systems (BESS)*. < <https://www.carboncollective.co/sustainable-investing/battery-energy-storage-systems-bess> > Consulta: 4 de abril de 2023.
- Integra Sources. *Efficient Energy Management and Energy Saving with a BESS (Battery Energy Storage System)*. < <https://www.integrasources.com/blog/energy-management-and-energy-saving-bess/> > Consulta: 4 de abril de 2023.
- E REDES. Especificación Técnica. 15/05/2018. *Canalizaciones subterráneas de Baja y Media Tensión ET/5012*.

- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. BOE núm. 68, miércoles 19 de marzo 2008. *Reglamento condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión.*
- Iberdrola. *Baterías de ion de litio, Las baterías de ion de litio, fundamentales para el almacenamiento de la energía.* < <https://www.iberdrola.com/innovacion/baterias-ion-litio> > Consulta: 10 de abril de 2023.
- Siemens. *Media Tensión.* < <https://www.siemens.com/es/es/productos/energia/media-tension.html> > Consulta: 3 de julio de 2023.
- Puellas Sánchez, D. (2022). *Instalación de un statcom 150 MVAR en la subestación eléctrica de Vitoria.* Trabajo de Fin de grado. Madrid: Universidad pontificia de Comillas.
- European Commission. *Base de datos de las tecnologías e instalaciones europeas de almacenamiento de energía.* < <https://data.europa.eu/data/datasets/database-of-the-european-energy-storage-technologies-and-facilities?locale=es> > Consulta: 14 de abril de 2023.
- Red Eléctrica España. *Sistema eléctrico Balear.* < <https://www.ree.es/es/actividades/sistema-electrico-balear> > Consulta: 25 de marzo de 2023.
- Red Eléctrica España. *Sistema eléctrico Balear.* < [https://www.ree.es/sites/default/files/downloadable/sistema\\_electrico\\_balear\\_2015\\_es.pdf](https://www.ree.es/sites/default/files/downloadable/sistema_electrico_balear_2015_es.pdf) > Consulta: 25 de marzo de 2023.
- Red Eléctrica de España. Dpto. Fiabilidad del Sistema Eléctrico. 26/03/2021. *Informe Anual de Corriente de Cortocircuito en la red de transporte del Sistema Eléctrico Balear en el año 2020.*
- Inelfe. *Énergie pour un avenir meilleur.* < [Énergie pour un avenir meilleur | Inelfe](#) > Consulta: 5 de junio de 2023.
- Clima Palma de Mallorca. < [https://es.climate-data.org/europe/espana/islas-baleares/palma-de-mallorca-3575/#google\\_vignette](https://es.climate-data.org/europe/espana/islas-baleares/palma-de-mallorca-3575/#google_vignette) > Consulta: 24 de agosto de 2023.